Association nationale de la meunerie française

# Guide de l'état de l'art de l'industrie meunière

relatif à la prévention et à la protection des risques présentés par les installations de meunerie soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260

**Juillet 2011**

# SOMMAIRE


**1 Description du secteur industriel ..... 11**
1.1 Les Statistiques Nationales ..... 12
1.2 Description des installations et des procédés ..... 14
1.2.1 Installations ..... 14
1.2.2 Diagramme de fabrication ..... 14
1.2.3 Réception Matières premières ..... 15
1.2.2.1 Réception des blés ..... 15
1.2.2.2 Réception des autres matières premières ..... 15
1.2.4 Stockage des matières premières ..... 15
1.2.3.1 Stockage des blés en silos ..... 15
1.2.3.2 Stockage des autres matières premières ..... 15
1.2.5 La préparation des blés ..... 15
1.2.4.1 Le nettoyage et le mouillage des blés ..... 15
1.2.4.2 Le stockage et le repos des blés nettoyés dans les silos ..... 16
1.2.6 La mouture ..... 16
1.2.7 Le conditionnement des Issues (ou co-produits) ..... 17
1.2.8 Traitement de la farine ..... 17
1.2.7.1 L'ensachage des farines et la palettisation automatique des farines ..... 17
1.2.7.2 Les ateliers spécifiques ..... 17
1.2.7.2.1 L'étuvage des farines ..... 17
1.2.7.2.2 Le broyage et la turbo-séparation ..... 18
1.2.7.2.3 Le mélange industriel des farines ..... 18
1.2.9 Stockage des produits finis ..... 18
1.2.8.1 Stockage des farines ..... 19
1.2.8.2 Stockage des co-produits ..... 19
1.2.10 Expédition ..... 19
1.2.9.1 Expédition des farines ..... 19
1.2.9.2 Expédition des issues ..... 19
1.2.11 Activités annexes et utilités ..... 19
1.3 Les principaux produits utilisés et transformés ..... 20
1.3.1 Le blé tendre ..... 20
1.3.2 La Farine de blé tendre ..... 20
1.3.3 Les ingrédients ..... 21
1.3.4 Les Coproduits ou issues ..... 21
1.3.5 Les produits et substances dangereuses ..... 22
**2 Partie Introductive : Réglementation ..... 23**
2.1 Réglementation ICPE ..... 24
2.2 Contenu d'une étude de dangers ..... 26
2.3 Réglementation ATEX ..... 27
**3 Identification et caractérisation des potentiels de dangers ..... 29**
3.1 Identification des proximités dangereuses et sensibles ..... 30
3.1.1 Identification des proximités dangereuses ..... 30
3.1.2.1 Risques liés aux installations voisines ..... 30
3.1.2.2. Risque logistique : liés à la circulation externe au site ..... 30
3.1.2.3 Risques liés aux actes de malveillance ..... 30
3.1.2 Identification des proximités sensibles (cibles) ..... 30
3.2 Identification des dangers liés à l'environnement naturel ..... 31
3.2.1 Risque foudre ..... 31
3.2.2 Risque sismique ..... 31
3.2.3 Risque d'inondation et de fortes intempéries ..... 32
3.3 Identification des dangers d'origine interne à l'établissement ..... 33
3.3.1 Dangers liés aux matières premières et aux produits finis ..... 33
3.3.2 Dangers liés aux produits et substances dangereuses ..... 33
3.3.3 Dangers liés aux activités et installations ..... 33
3.2.3.1 Risques liés au process ..... 33

3.2.3.2 Risques liés au stockage vrac ..... 34
3.2.3.3 Risque lié aux installations de combustion ..... 34
3.2.3.4 Risque lié aux activités de stockage en entrepôt couvert ..... 34
3.2.3.5 Risque lié à la perte d'électricité ou d'utilités ..... 34
3.2.3.6 Conclusion ..... 34
3.4 Caractérisation du potentiel de danger d'incendie ..... 35
3.4.1 Mécanisme et effets de la survenance d'un incendie ..... 35
3.4.1.1 Développement d'un incendie ..... 35
3.4.1.2 Effets de la survenance d'un incendie ..... 36
3.4.2 Zones à risque incendie ..... 37
3.4.3 Quantification du potentiel de danger d'incendie ..... 37
3.5 Caractérisation du potentiel de danger d'explosion ..... 38
3.5.1 Mécanismes et effets de la survenance d'une explosion ..... 38
3.5.1.1 Mécanisme des explosions de poussières de céréales ..... 38
3.5.1.2 Effets de la survenance d'une explosion de poussière ..... 40
3.5.2 Zones à risque d'explosion de poussières ..... 42
3.5.3 Zone à risque d'explosion de gaz ou de carburants ..... 42
3.5.4 Quantification du potentiel de danger d'explosion ..... 42
3.5.4.1 Quantification des effets de pression ..... 42
3.5.4.2 Distance d'ensevelissement sous le produit ..... 44
3.6 Caractérisation du potentiel de danger d'auto échauffement des produits ..... 44
3.6.1 Mécanisme de l'auto échauffement ..... 44
3.6.2 Conséquences maximalistes d'un auto échauffement ..... 44
3.7 Réduction des potentiels de danger ..... 44
**4 Caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité des produits ..... 47**
4.1 Paramètres caractérisant l'explosivité et l'inflammabilité des produits ..... 48
4.1.1 L'énergie Minimale d'Inflammation : EMI ..... 48
4.1.2 Vitesse maximale de montée en pression et pression maximale ..... 48
4.1.3 Température d'Auto Inflammation d'un nuage en °C : TAI en nuage ..... 49
4.1.4 Température d'Auto Inflammation en couche en °C : T AI en couche ..... 49
4.1.5 Limite inférieure d'explosivité : LIE ..... 49
4.1.6 Limite supérieure d'explosivité : LSE ..... 50
4.1.7 Classe de combustion ..... 50
4.1.8 Taille critique des silos ..... 50
4.1.9 Analyse thermique différentielle et analyse thermogravimétrique ..... 50
4.2 Caractéristiques d'explosivité et d'inflammabilité des produits de meunerie ..... 51
4.2.1 Etude GAM 2002 ..... 51
4.2.1.1 Echantillons testés ..... 51
4.2.1.2 Résultats ..... 51
4.2.2 Etude ANMF/INERIS 2005 ..... 52
4.2.2.1 Echantillon testé ..... 52
4.2.2.2 Résultats ..... 52
4.2.3 Synthèse des résultats ..... 52
4.3 Conclusion ..... 54
**5 Evaluation des risques en meunerie ..... 55**
5.1 Etude Accidentologique et retour d'expérience ..... 56
5.1.1 Déclaration d'accidents ou incidents et précurseurs d'incendie ou d'explosion ..... 56
5.1.2 Retour d'expérience du BARPI : constat d'accidents ..... 56
5.1.3 Interprétation et retour d'expérience dans l'industrie meunière ..... 57
5.1.4 Conclusion de l'accidentologie et du retour d'expérience ..... 58
5.2 Etude des incidents sur les installations en terme de fréquence / gravité ..... 59
5.2.1 Principe général ..... 59
5.2.2 Notion de criticité ..... 59
5.2.3 Principe de mise en place de l'analyse de risques ..... 61
5.2.3.1 Constitution du groupe de travail ..... 61
5.2.3.2 Analyse de l'existant (1ère étape) ..... 61

5.2.3.3 Proposition d'amélioration (2ème étape) ..... 62
5.2.4 Exemple d'analyse de risques (en l'absence de tout dispositif de sécurité = cas d'école) ..... 64
5.2.5 Exemple d'analyse de risques de criticité 2 : ..... 66
5.2.6 Exemple d'analyse de risques de criticité 3 ..... 68
5.2.7 Conclusion de l'analyse de risques : ..... 70
5.3 Etude des scénarios d'accidents ..... 70
5.3.1 Introduction ..... 70
5.3.2 Méthode des arbres logiques ou nœuds papillon ..... 70
5.3.3 Analyse de la méthode ..... 71
5.3.4 Mode d'emploi ..... 72
5.3.5 Cas général de scénario d'explosion de poussières ..... 74
5.3.6 Exemple : Elévateur se trouvant dans la tour de manutention (local contigu = galerie haute) 75
5.3.7 Quantification et hiérarchisation des scénarios d'accidents ..... 76
5.3.7.1 Evaluation de la probabilité : ..... 76
5.3.7.2 Evaluation de la gravité : ..... 76
5.3.7.3 Exemple de tableau de hiérarchisation des scénarios d'accidents : ..... 77
5.3.8 Cinétique du déroulement des scénarios d'accidents ..... 78
Exemple : Chronogramme représentant la cinétique d'un scénario d'explosion (cellule, galerie, etc) ..... 79
5.3.9 Conclusion de l'étude des scénarios d'accidents : ..... 80
5.4 Conclusion de l'évaluation des risques en Meunerie ..... 80
**6 Bonnes pratiques pour la réduction des risques en meunerie ..... 81**
6.1 Bonnes pratiques de prévention ..... 82
6.1.1 Eliminer les sources d'inflammation ..... 82
6.1.1.1 Eliminer les feux nus ..... 82
6.1.1.2 Eliminer les étincelles ..... 82
6.1.1.2.1 Etincelles pouvant être induites par les chocs ..... 82
6.1.1.2.2 Etincelles pouvant être induites par un défaut de liaison à la terre dans les équipements électriques ..... 83
6.1.1.2.3 Etincelles pouvant être induites par l'électricité statique ..... 83
6.1.1.3 Eliminer le risque électrique ..... 83
6.1.1.4 Eliminer les échauffements d'origine mécanique ..... 84
6.1.1.5 Eliminer les équipements développant des surfaces chaudes ..... 86
6.1.1.6 Supprimer la possibilité d'auto échauffement des produits ..... 86
6.1.2 Réduire les quantités de poussières émises ..... 87
6.1.2.1 Eliminer les poussières dans les produits ..... 87
6.1.2.2 Aspirer les poussières émises ..... 87
6.1.2.3 Eviter le dégagement de poussières ..... 88
6.1.2.4 Eliminer tous les dépôts de poussières sur le sol par un nettoyage systématique ..... 88
6.1.3 Mettre en place des moyens organisationnels ..... 89
6.1.3.1 Un personnel nommément désigné ..... 89
6.1.3.2 Une formation régulière du personnel ..... 89
6.1.3.3 La mise en place et le respect des consignes de sécurité et des procédures d'exploitation ..... 89
6.1.3.4 Le maintien des performances des barrières de sécurité ..... 90
6.2 Bonnes pratiques de protection ..... 90
6.2.1 Bonnes pratiques de Protection contre les risques d'incendie ..... 90
6.2.1.1 Détection précoce des feux ..... 90
6.2.1.2 Limitation des risques de propagation des incendies ..... 90
6.2.1.3 Moyens internes d'intervention ..... 91
6.2.1.3.1 Extincteurs mobiles : ..... 91
6.2.1.3.2 Extinction automatique à eau de type Sprinkler ..... 91
6.2.1.3.3 R.I.A. ..... 92

6.2.1.3.4 Poteaux incendie : ..... 92
6.2.1.3.5 Colonnes sèches et réserves d'eau: ..... 92
6.2.1.3.6 Locaux électriques sous gaz d'inertage : ..... 92
6.2.1.3.7 Désenfumage : ..... 92
6.2.1.3.8 Issues de secours : ..... 93
6.2.1.4 Moyens externes d'intervention ..... 93
6.2.1.5 Procédures d'intervention dans les silos ..... 93
6.2.2 Bonnes pratiques de Protection contre les explosions de poussières ..... 93
6.2.2.1 Principe de Protection ..... 94
6.2.2.1.1 Protection bâtimentaire ..... 94
6.2.2.1.2 Protection des équipements et des personnes ..... 94
6.2.2.2 Méthodologie de dimensionnement des surfaces éventables ..... 95
6.2.3 Bonnes pratiques de protection contre les risques d'explosion de gaz ..... 96
**7 Appui à l'application de l'arrêté 2260 ..... 97**
**8 Annexes ..... 99**

# PREAMBULE

Ce guide, réalisé par l'ANMF en collaboration avec l'INERIS, s'adresse :

- aux professionnels de la meunerie, afin de les aider à répondre aux exigences de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, et en particulier l'arrêté ministériel « Autorisation » relatif à la prévention des risques présentés par les installations soumises à **autorisation au titre de la rubrique 2260**,

- aux Pouvoirs Publics (Ministère chargé de l'environnement, DREAL,…), afin de servir de document de référence pour le contrôle des installations de meunerie soumises à autorisation, notamment pour avoir une lecture critique des études de danger présentées par les meuniers.

Ce guide se focalise en priorité sur les risques d'incendie et d'explosion.

Réalisé à l'initiative de la profession meunière, il fait suite à un travail de concertation, entre experts et représentants de la profession, qui a permis :
- d'élever les seuils de classement des installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260,
- de donner un cadre réglementaire formel, aux installations classées au titre de la rubrique 2260, par la rédaction d'un arrêté « Autorisation » du 18 février 2010 et de l'arrêté « Déclaration » du 23 mai 2006,

Le Ministère de l'écologie et du développement durable a souhaité que le dispositif réglementaire de la rubrique 2260 soit cohérent avec celui initié pour la rubrique 2160 dans la mesure où les moulins sont concernés par ces deux rubriques.

Cet ouvrage développe notamment :
- une méthodologie d'élaboration des études de dangers (dont doit disposer l'exploitant au sens de l'article L512-1 du code de l'environnement et de l'article 3 du décret du 21 septembre 1977) qui doit permettre entre autres :
  - d'analyser les risques potentiels d'accidents,
  - de définir et justifier les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.
- sur la base d'une accidentologie, des axes de réflexion sur les risques potentiels d'accidents propres à la profession, leurs causes, leurs localisations, leurs conséquences et leurs préventions possibles.

Il est à préciser que ce document n'a aucune valeur contractuelle. Seule l'étude de dangers réalisée sous la responsabilité de l'exploitant permet de justifier des moyens de prévention et de protection mis en place vis-à-vis des risques spécifiques que peut présenter l'installation. Ce guide est un **appui technique et méthodologique à la réalisation des études de dangers en meunerie**.

**Il s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue** et à ce titre doit faire l'objet de mises à jour périodiques pour prendre en compte :
- l'évolution de la réglementation,
- l'évolution de l'état de l'art, des connaissances, des normes,…

En conclusion nous souhaitons rappeler que ce Guide état de l'art en meunerie a été finalisé en tenant compte de l'expertise de l'INERIS puis de la SOCOTEC.

La présente version du Guide est la version définitive complétée et adaptée suite à la parution de l'Arrêté autorisation du 18 février 2010.

# REMERCIEMENTS

L'Association Nationale de la Meunerie Française tient à remercier :

- les membres du groupe de travail « Installations Classées & ATEX » qui se sont réunis entre décembre 2004 et mai 2010 : M. Sauvestre – Moulin de l'Evre : M. Authie – Gers Farine, M. Florin – Nutrixo, M. Gilles – Amo, Mme Guerret – Moulin Gueguen, M. Erler – Moulins Soufflet,
- les rédacteurs de ce document : Mme Souply et M. Pérardel permanents de l'ANMF, Melle Cerretto stagiaire,
- et tout ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce guide, notamment :
  - MM. Lödel et Reimeringer de l'INERIS qui ont participé à trois réunions de travail en vue d'attirer l'attention du groupe de travail sur des points qui nécessitaient d'être revus, approfondis ou justifiés, et piloté l'étude des caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité d'une farine T55, commandée par l'ANMF et réalisée par leurs laboratoires,
  - M. Bourbon - consultant et M. Sevestre - Diagram, qui ont été consultés en tant qu'experts en meunerie, et ont participé à une réunion de travail,
  - M. Merlier de la Fédération Française des Sociétés d'Assurance (FFSA) qui a été consulté pour la rédaction de ce guide,
  - M. Petit de l'INRS qui a également été consulté pour la rédaction de ce document,
  - Olivier Dereu et Jacques Collet (Socotec industrie) qui ont réalisé la tierce expertise de ce Guide.

# 1 Description du secteur industriel

## 1.1 Les Statistiques Nationales

La fiche Statistique de l'ANMF publiée chaque année, permet de mettre à jour ce paragraphe : elle est disponible sur le site www.meuneriefrancaise.com.

**Les chiffres de la meunerie en 2009 :**

**454 unités de production**

**5,69 millions de tonnes de blé utilisées**

**4,42 millions de tonnes de farine produites** (dont 661 605 tonnes à l'export)

**1.9 milliard d'euros de chiffre d'affaires** (dont 208 millions d'euros à l'export)

**6 240 emplois**

**La structure de la profession :**

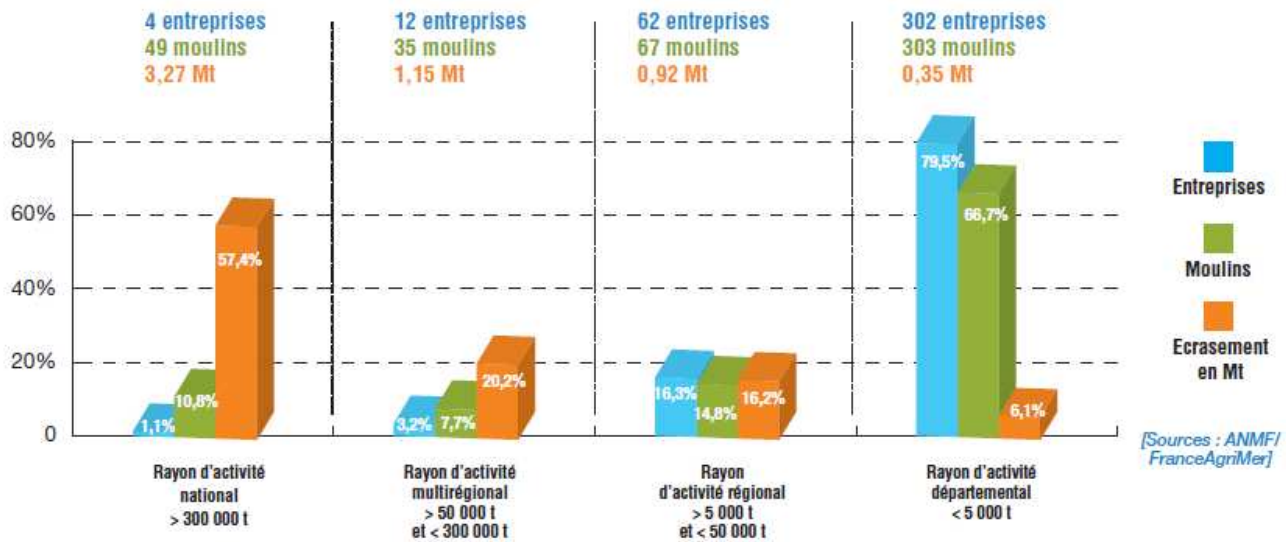
Avec 454 moulins en activité en 2009, la meunerie française regroupe aujourd'hui deux grands types d'entreprises :

- d'une part, un réseau d'entreprises familiales petites et moyennes dont la zone d'influence s'étend sur un territoire limité à quelques départements ;

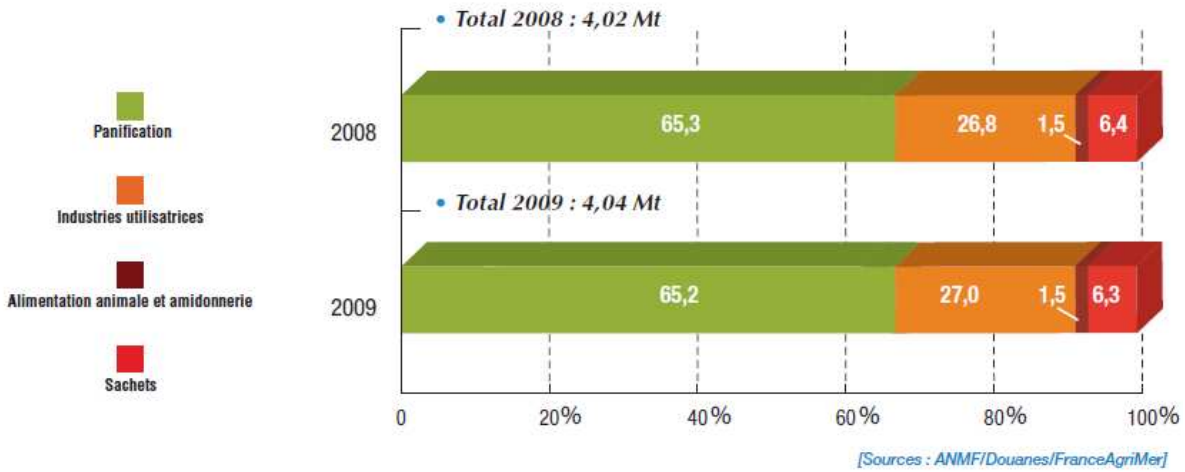
- d'autre part, quelques grandes entreprises, dont les unités de production sont réparties sur plusieurs régions.

Le nombre élevé d'unités de production et leur diversité en taille permettent à l'activité meunière de s'exercer sur l'ensemble du territoire français.

*Structure de la profession par entreprises en activité en 2009 (rayon d'activité et écrasement).*

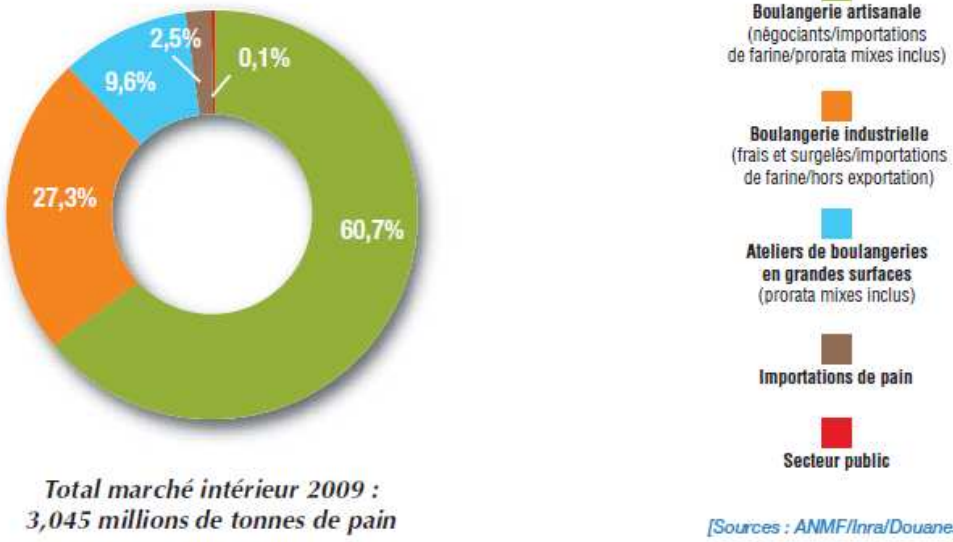


**Les débouchés de la farine:**




[Sources : ANMF/Douanes/FranceAgriMer]

Parts de marché de la panification(1)




*Total marché intérieur 2009 : 3,045 millions de tonnes de pain*

[Sources : ANMF/Inra/Douanes]

**La répartition des installations classées en meunerie, sur la base de l'enquête réalisée en septembre 2003 par l'ANMF :**

Les réponses représentent 72% du plafond d'écrasement national (potentiel de production réglementaire) et portent sur la puissance souscrite dans le cadre du contrat EDF (la nomenclature ICPE 2260 fait référence à la puissance installée).

| **Catégorie** | **Seuil de Puissance Souscrite** | **% en nombre de moulins concernés** (résultats de l'enquête) | **Nombre de moulins concernés** (extrapolation sur 554 moulins) |
|---|---|---|---|
| Non classé | < 100 KW | 39 % | 216 |
| Déclaration | 100 - 500 KW | 48% | 266 |
| Autorisation | > 500 KW | 13% | 72 |

**Seules les 13 % d'entreprises dépassant 500 kW sont soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260, donc concernées par le présent Guide.**

## 1.2 Description des installations et des procédés

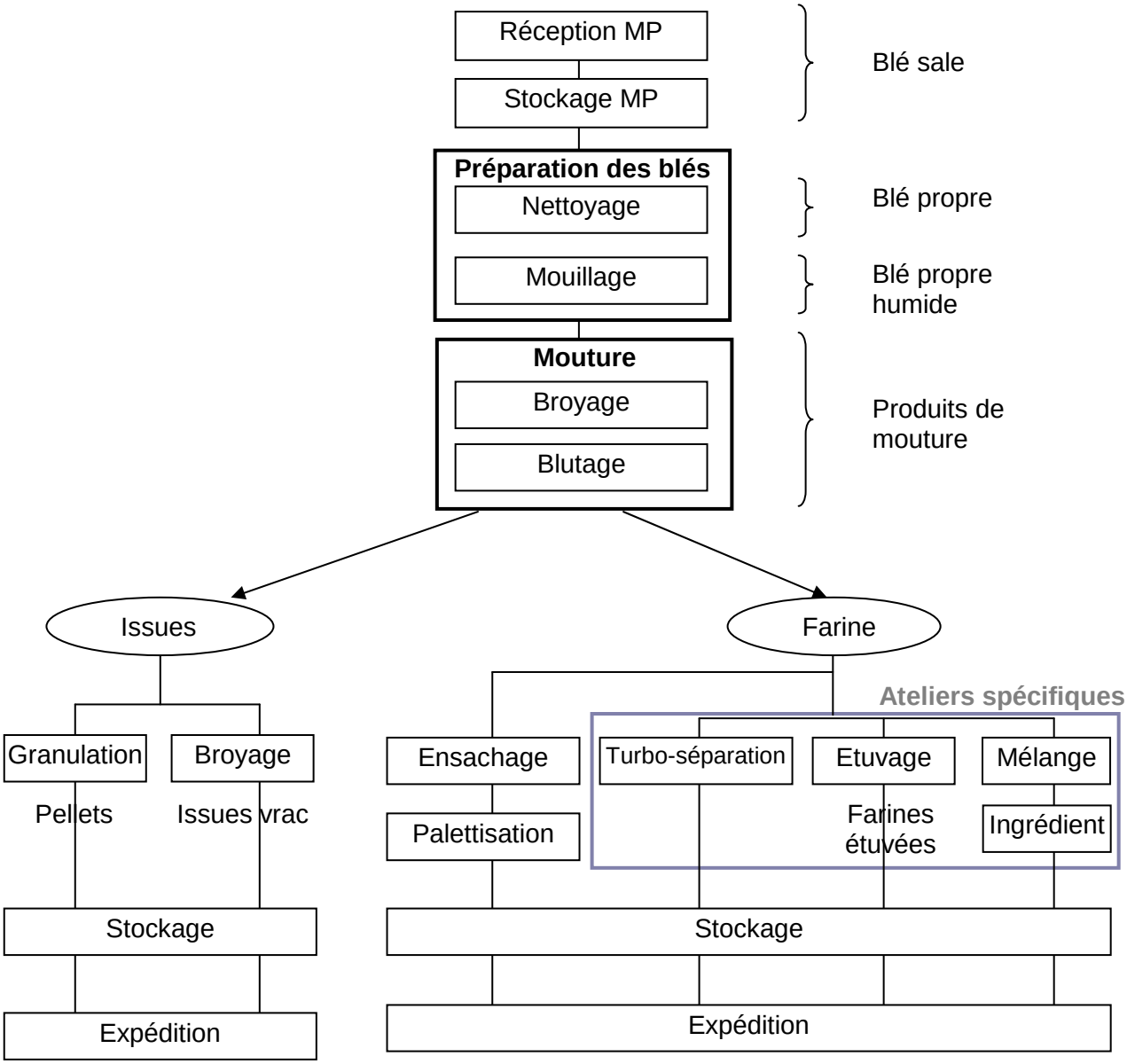
### 1.2.1 Installations

Différents types de constructions peuvent être rencontrés en meunerie : armature béton, métallique ou en maçonnerie traditionnelle. Le bois se retrouve dans les charpentes et certains planchers.

Les moulins fonctionnent généralement en automatisme, certains 24h sur 24, et connaissent 3 phases de fonctionnement : démarrage, marche et arrêt, auxquelles s'ajoute une phase de dysfonctionnement (bourrage). Le moulin fonctionne généralement avec 1 à 2 personnes pour assurer la production, éventuellement sans personnel. Cependant le personnel est plus nombreux dans les zones de stockage et conditionnement des farines. La production d'une minoterie se décompose en étapes successives, parfaitement liées entre elles.

### 1.2.2 Diagramme de fabrication

Les principales étapes du diagramme de mouture sont détaillées dans la partie suivante.



### 1.2.3 Réception Matières premières

#### *1.2.2.1 Réception des blés*

La livraison du blé se fait ordinairement en vrac, par camions. Un camion contient environ 25 tonnes de blé. La livraison du blé peut également se faire par train (1 100 à 1 300 t) ou par péniche (250 à 1 000 t).

Après pesage du camion sur un pont bascule, le blé est vidé dans la fosse de réception. A partir de la fosse, le blé est transporté à l'aide d'un transporteur à chaîne ou à vis jusqu'à un élévateur, puis il est généralement acheminé jusqu'à un pré-nettoyeur. De là, il rejoint les cellules de blés sales par élévateurs et transporteurs (T. à vis, « redler », T. à chaîne ou à câble, plus rarement pneumatique, exceptionnellement T. à bande). Le débit maximum usuel de transfert du blé dans un moulin est de 200 t/h.

En plus d'un examen visuel et olfactif des blés réceptionnés, un échantillon des livraisons est analysé pour juger de la qualité des blés au regard du cahier des charges. L'humidité, la température et la présence d'impuretés sont des critères entre autres d'appréciation et de suivi. Seuls les blés répondant aux critères doivent être déchargés.

#### *1.2.2.2 Réception des autres matières premières*

La réception des autres matières premières (gluten, acide ascorbique, farine de fève…) se fait généralement en sacs. Ils sont généralement conditionnés sur des palettes.

Le gluten, utilisé en plus ou moins grande quantité, peut être réceptionné également en vrac.

### 1.2.4 Stockage des matières premières

#### *1.2.3.1 Stockage des blés en silos*

En meunerie, les blés sont stockés suivant les qualités réceptionnées, dans des cellules généralement verticales, en béton ou métalliques, à vidange par gravité et/ou à reprise mécanique.

Les cellules à blé présentes en meunerie sont généralement de diamètre inférieur à 10 mètres. La durée de stockage est généralement courte de l'ordre de 15 à 30 jours.

#### *1.2.3.2 Stockage des autres matières premières*

Les autres matières premières sont stockées sur palettes dans des zones dédiées.

Si le gluten est stocké en vrac, il dispose de cellules spécifiques de capacité moyenne (20 – 25 t).

### 1.2.5 La préparation des blés

#### *1.2.4.1 Le nettoyage et le mouillage des blés*

Les différentes qualités de blés prévues pour une fabrication spécifique sont extraites simultanément des cellules du silo blés pour constituer une « mouture ». Chaque débit d'extraction de silos est commandé par un distributeur.

Ensuite, les blés sont repris par élévateur pour être acheminés vers l'atelier de nettoyage et de mouillage au moyen d'un transporteur (T. à vis, « redler », T. à chaîne ou à câble, plus rarement pneumatique, exceptionnellement T. à bande).

Les blés passent sur un magnétique puis ils sont triés, épierrés, brossés, aspirés, à l'aide d'un nettoyeur séparateur, d'une épointeuse, d'un épierreur et éventuellement d'un trieur.

Ils sont ensuite mouillés car le blé doit présenter un degré d'humidité approprié, facilitant la mouture. Celui-ci est obtenu par adjonction de 2 à 4% d'eau suivant les récoltes afin d'obtenir un blé à 16-17% d'humidité.

#### *1.2.4.2 Le stockage et le repos des blés nettoyés dans les silos*

Une fois mouillé, le blé subi un temps de repos nécessaire à la pénétration de l'eau à l'intérieur du grain. Il sera plus ou moins prolongé (12 à 72 heures) selon la nature de l'amande. Ce repos s'effectue dans les cellules de conditionnement du nettoyage également appelées « cellules de repos ».

Le grain ainsi préparé peut ensuite être acheminé vers le moulin après un passage dans une épointeuse, des brosses (+ aspiration), un séparateur magnétique et une peseuse (avant 1$^{er}$ broyeur (B1)).

### 1.2.6 La mouture

Pour libérer les divers éléments constituant le grain de blé, il faut le broyer puis le bluter (tamiser) afin d'en trier les différentes fractions.

Ces opérations sont réalisées au moyen de machines : broyeurs, claqueurs, convertisseurs, plansichters et réducteurs à sons, qui sont situées à différents niveaux du moulin afin de favoriser la manutention par gravité. Les broyeurs, les claqueurs et les convertisseurs se situent généralement dans le moulin à un niveau inférieur à celui des plansichters. Le transport des produits est majoritairement effectué par pneumatique.

- broyeurs

Un broyeur est un appareil formé de deux fois deux cylindres cannelés tournant en sens inverse à des vitesses différentes. Il a pour but de séparer l'amande (semoules et farine) de l'enveloppe (sons gros et fins).

- plansichters

C'est un équipement qui effectue une opération dénommée « blutage » ou « tamisage ». Ce sont des appareils composés de tamis superposés garnis de tissus de nylon (ou métal) dont les mailles sont adaptées au travail de classification recherchée. Ils extraient la farine et classent les autres produits en cours de transformation dont on poursuivra la mouture.

Tous les produits sont ainsi classés par grosseur : les refus, les semoules, les farines :
- les refus sont soumis à une nouvelle réduction sur les broyeurs,
- les semoules sont dirigées vers les claqueurs ou convertisseurs, qui les réduisent à l'état de farine,
- chaque farine des différents passages, est immédiatement collectée et dirigée vers les silos à farine. Elles sont mélangées pour obtenir des types homogènes : type 45 (< 0.50% de matière minérale), type 55 (< 0.60% de matière minérale), etc.

- claqueurs et convertisseurs

Ce sont des appareils formés de deux fois deux cylindres lisses (non cannelés), ayant pour but la production de farine à partir des semoules.

De nouveau, après chaque passage de claquage ou de convertissage, les produits sont blutés.

♦ détacheurs et brosses à sons

Le détacheur est un appareil permettant la libération de diverses particules de produits de moutures amalgamés sous forme de plaquettes après passage entre les cylindres lisses.

La brosse à sons est un appareil destiné au traitement des enveloppes du blé après le broyage pour séparer les farines adhérant à celles-ci.

### 1.2.7 Le conditionnement des Issues (ou co-produits)

On appelle « issues » les sons et les remoulages. Toutes les issues sont collectées puis :

- soit éventuellement cubées en "Pellets"
- soit vendues en l'état, avec un broyage éventuel.

Les issues à cuber sont pesées et transférées par transport pneumatique vers la presse à granuler (type alimentation du bétail) avec réserve mélangeuse en amont. Cette réserve reçoit aussi les déchets du nettoyage et les poussières des blés aspirés en cours de manutention.

La granulation est faite avec injection d'eau ou de vapeur. Un refroidisseur du type "contre-courant", doté d'un système d'aspiration, avec filtration d'air avant rejet à l'extérieur, est implanté en dessous de la presse afin de refroidir les produits.

Les pellets sont repris par transporteur mécanique ou pneumatique pour être stockés en vrac dans une cellule puis expédiés à la demande dans les boisseaux du poste de chargement camions. De part leur structure (bouchons) et leur taux d'humidité (15%), ce sont des produits qui s'avèrent être peu générateurs de poussières.

Les sons et remoulages vendus en l'état sont collectés en sortie du moulin, éventuellement broyés, puis pesés et transférés vers les cellules spécialisées. Les sons et les remoulages ont des densités comprises entre 0,3 et 0,5.

### 1.2.8 Traitement de la farine

#### *1.2.7.1 L'ensachage des farines et la palettisation automatique des farines*

Une partie des farines vrac, en silos, est reprise pour être ensachée dans des sacs en papier de 25 kg à 50 kg et mise sur palettes.
L'ensachage peut être réalisé sur poste fixe ou sur un carrousel, selon un système à valve ou à gueule ouverte.
Une zone de palettisation avec tapis peut être présente.

Certaines farines sont conditionnées en petits sachets de 500 g à 5 kg, dans des ateliers spécialement adaptés.

#### *1.2.7.2 Les ateliers spécifiques*

1.2.7.2.1 L'étuvage des farines

Certaines qualités de farines industrielles sont étuvées. L'opération consiste à faire perdre 2 à 5 % d'humidité à la farine qui en contient normalement environ 15%.

Il existe deux principes d'étuvage :

- par contact avec une surface chaude.

Les parois d'un système mécanique, type vis d'Archimède ou mélangeuse, sont chauffées par un fluide, généralement par de l'eau. La farine, au contact de ses parois, libère une part de son humidité. Un dispositif d'aspiration complète ce système.

- par échange thermique ou cours d'un transfert pneumatique.

La farine est injectée dans un transport pneumatique à air chaud (circuit de séchage). L'air du circuit a été préalablement chauffé. Le produit partiellement déshydraté est séparé de son air de transport chargé en humidité au niveau du filtre chaud. La farine est injectée dans un 2ème transport pneumatique (circuit de refroidissement). L'air de refroidissement est séparé de la farine déshydratée au niveau du filtre froid.

Après contrôle de son humidité, la farine est dirigée vers les cellules de stockage dédiées.

#### 1.2.7.2.2 Le broyage et la turbo-séparation

Certaines farines destinées à des sélections particulières pour l'industrie alimentaire sont sélectionnées par turbo-séparation, opération qui peut nécessiter des moteurs de puissance élevée.

La ligne de production est constituée de :

- 1 système de broyage,
- 1 système de sélecteur.

Le broyeur permet d'obtenir différentes particules de farine en terme de taille et de densité.

Le sélecteur permet de classer ces particules de farine en fonction de leur masse et de leur volume. Pour cela on emploie la technique dite « d'aéraulique » liant la sélection par densité (force centrifuge) à celle issue du transport par air.

On obtient ainsi essentiellement deux produits principaux, l'un à faible teneur en protéines (fraction moyenne), l'autre à forte teneur (fraction fine).

#### 1.2.7.2.3 Le mélange industriel des farines

Le mélange des farines permet de combiner différentes qualités de farines entre elles et avec divers ingrédients (gluten, additifs ….).h)

L'opération peut être effectuée soit dans une mélangeuse discontinue, soit en continu dans le circuit :

- en amont de la mélangeuse, les différentes farines sont extraites des cellules et sont successivement pesées dans une trémie sur pesons ainsi que les ingrédients puis introduits dans la mélangeuse. Un pré-mélange d'additifs peut être introduit en amont de la mélangeuse.
- en aval de celle-ci, les nouvelles farines ainsi constituées sont stockées dans des cellules spécialisées et/ou les cellules de pré-chargement et/ou ensachées.

### 1.2.9 Stockage des produits finis

Les produits finis sont soit les farines provenant directement du moulin, soit celles issues des différentes phases complémentaires.

Les farines sont pesées par bascules et stockées dans différentes cellules spécialisées.

Les différents co-produits sont les gros sons, les fins sons, les remoulages. La farine basse est une farine impropre à la consommation humaine. Ces produits sont stockés dans des cellules spécialisées.

#### *1.2.8.1 Stockage des farines*

Après la fabrication des farines, celles-ci sont généralement stockées pendant un délai court, de l'ordre de 10 à 20 jours.

Les farines sont stockées :

- En vrac :

Les types de stockage de farines en vrac rencontrés dans les moulins français peuvent être très variables. Ils sont soit de grande capacité (cellules en béton ou métalliques de 50 à 200 tonnes), soit de capacité plus réduite (cellules métalliques, en panneaux de particules de bois mélaminés, en polyester armé, plus rarement en toile).

L'alimentation et l'extraction sont le plus souvent pneumatiques, mais l'alimentation mécanique est encore présente. Le débit maximum usuel de transfert de la farine dans un moulin est de 30 t/h.

- En sacs :

Au niveau de l'ensachage, une zone de palettisation avec tapis peut être présente.

Après ensachage, les farines en sacs sont palettisées et dirigées vers un magasin de stockage, effectué directement en masse ou sur racks.

#### *1.2.8.2 Stockage des co-produits*

Toutes les issues (en pellets ou non) sont stockées en vrac dans les cellules spécialisées.

### 1.2.10 Expédition

#### *1.2.9.1 Expédition des farines*

Pour le vrac, la farine est chargée dans les camions par gravité ou pneumatique. Chaque chargement vrac fait l'objet d'une pesée par une bascule de circuit avant son arrivée dans une cellule de chargement ou d'une pesée directement sur le camion.

Ces cellules sont sur portique pour permettre un chargement par gravité des camions. Le chargement s'effectue à grand débit, avec injection d'air pour fluidisation. L'alimentation des cellules se fait par transporteur pneumatique depuis le silo farine vrac.

Le chargement pour l'expédition des sacs sur palettes est fait avec l'aide d'un transpalette ou d'un chariot automoteur à conducteur porté (moteur thermique ou électrique).

La farine est essentiellement expédiée par camions.

#### *1.2.9.2 Expédition des issues*

Les issues cubées ou vrac sont expédiées par camions.

### 1.2.11 Activités annexes et utilités

Les sites peuvent comporter des activités annexes telles que :

- laboratoire de panification et/ou d'analyses,
- stockage et distribution de carburant,
- stockage de produits insecticides et raticides,
- installation de combustion (chauffage),
- atelier de conditionnement

Par ailleurs, les entreprises peuvent utiliser du gaz naturel, de l'air comprimé, différents types d'engins de levage, ainsi que différents systèmes de ventilation et d'aspiration.

## 1.3 Les principaux produits utilisés et transformés

### 1.3.1 Le blé tendre

La meunerie utilise en tant que matière première principalement du blé tendre. Certains moulins produisent également des farines à partir d'autres céréales (seigle, épeautre,…) dont les caractéristiques sont très proches du blé. Plus rarement, on trouvera d'autres produits végétaux (sarrasin, fève,…).

**Définition :** Le blé tendre (*triticum aestivum*), possède une amande relativement friable qui lui donne une bonne aptitude à être transformé en farine. Sa teneur en protéines, aptes à former un gluten lorsque la farine est hydratée, lui confère une bonne aptitude à la panification.

Un grain de blé est constitué d'une amande (82 à 85% du grain) constituée d'amidon principalement (65% de la matière humide), de protéines (10 à 12,5% de la matière humide), d'éléments minéraux et de vitamines, d'un germe (3% du grain) contenant une forte proportion de lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux, et enfin des enveloppes (13 à 15% du grain) constituées en forte proportion de cellulose et d'éléments minéraux.

Après mouture, l'amande se retrouve dans la farine et les enveloppes sont appelées « issues » (sons et remoulages).

**Caractéristiques physiques :**
Poids spécifique moyen du blé tendre = 75 kg/hl (soit une densité de 0,75)
Les caractéristiques présentées ci-dessous sont des exemples issus des publications ANMF *(Cahier des charges « traçabilité et environnement » pour le blé tendre de meunerie)* :
Teneur maximale en humidité à la réception : 15 %
Taux d'impuretés diverses (dont poussières) : < 0,5%

Après mouillage et repos, le blé a une teneur en humidité de 16-17% avant mouture.

### 1.3.2 La Farine de blé tendre

**Caractéristiques physiques :**

Définition réglementaire des types de farine de blé tendre en fonction de leur taux de cendres (% de la matière sèche) – Arrêté du 13/07/63 :

| | |
|---|---|
| Type 45 | < 0,50 |
| Type 55 | 0,50 à 0,60 |
| Type 65 | 0,62 à 0,75 |
| Type 80 | 0,75 à 0,90 |
| Type 110 | 1,00 à 1,20 |
| Type 150 | > 1,40 |
| Type Gruau 45 | < 0,50<br>(avec W>220, G ≥ 19, Protéines ≥ 11%) |
| Type Gruau 55 | 0,50 à 0,60<br>(avec W > 220, G ≥ 19, Protéines ≥ 11,5%) |

Granulométrie des farines :
La farine passe généralement au travers d'un tamis de 200 µm, mais si l'on y regarde de plus près, la granulométrie des farines est très variable : une farine peut comporter 65% de fraction de 0/40 µm et une autre peut n'en comporter que 20%.
La granulométrie des farines totales et des passages peut se trouver modifiée par plusieurs facteurs :

- fin de campagne céréalière,
- variation d'humidité des blés travaillés,
- changement de débit horaire du moulin,
- surface de blutage comparée au débit du moulin par 24 heures,
- répartition de la surface blutante dans le diagramme,
- choix des numéros de tamis à farine,
- charge des cylindres lisses de tête.
- de plus, certaines farines peuvent être rebroyées.

Densité :
La farine a une densité moyenne de 0,5. Cependant, en raison de la faculté du produit à pourvoir se tasser, la densité de la farine stockée peut aller jusqu'à 0,75.

Teneur en eau :
La teneur en eau des farines varie de 15 à 16% en fin de mouture. La teneur en eau est de l'ordre de 14 à 15% pour les farines livrées en métropole, et de 13 à 14% pour les farines étuvées destinées à l'exportation, voire jusqu'à 7% pour certaines utilisations.
En aucun cas, la teneur en eau des farines commercialisées (mesurée par la méthode AFNOR NF V 03.701) n'est supérieure à 16%.

Teneur en protéines :
La teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson à base de céréales varie de 7 à 15% environ (exprimé en azote multiplié par 5,7 et rapporté à la matière sèche de la farine).
La teneur en protéines des farines peut être augmentée par l'adjonction de gluten de blé (taux de protéines compris entre 70 et 80%).
La teneur en protéines des farines peut être diminuée par des process qui interviennent au cours ou à la suite de la mouture.

### 1.3.3 Les ingrédients

Plusieurs catégories d'ingrédients sont utilisées en meunerie :

- les additifs (E300 principalement)
- les auxiliaires technologiques (enzymes)
- les succédanés (farine de fève, farine de malt de blé, farine de soja)
- le gluten : teneur en protéines = 70 – 80 %, teneur en eau = 6%
- l'amidon
- …

### 1.3.4 Les Coproduits ou issues

**Définition :** Les co-produits de meunerie sont définis par un accord interprofessionnel signé par l'ANMF, le SNIA et le SYNCOPAC et en vigueur depuis le 1er janvier 2005 :

**Son de blé :** Co-produit obtenu lors de la fabrication de farine à partir de grains de blé ou d'épeautre décortiqué, préalablement nettoyés. Il est constitué principalement de fragments d'enveloppes et aussi de particules de grains dont la plus grande partie de l'endosperme a été enlevée.

**Remoulage de blé :** Co-produit obtenu lors de la fabrication de farine à partir de grains de blé ou d'épeautre décortiqué, préalablement nettoyés. Il est constitué principalement de fragments d'enveloppes et aussi de particules de grains dont on a enlevé moins d'endosperme que dans le son de blé.

Un "*son*" ou "*gros son*" a une granulométrie approximative supérieure ou égale à 1 000 µm et une densité d'environ 20-25 kg/hl. Un "*son fin*" a une granulométrie approximative comprise entre 400 et 1 000 µm et une densité d'environ 25-35 kg/hl.

Les termes "*son granulé*" ou "*son pellet"* impliquent que le son a subi une agglomération ou une granulation sans ajout d'adjuvant.

**Caractéristiques physiques retenues dans l'accord interprofessionnel :**

Teneur en eau : Les gros sons, sons fins, remoulages et leurs granulés, ont une humidité inférieure à 15% sur brut.

Matière minérale : Les sons, ont une teneur inférieure à 6,5% sur brut. Pour les remoulages, le maximum de matières minérales est de 5% sur brut.

Cellulose : le maximum de cellulose est de 11,5% sur brut pour les sons et de 8,5% sur brut pour les remoulages (valeurs indicatives).

### 1.3.5 Les produits et substances dangereuses

Certains produits et substances dangereuses sont susceptibles d'être présents au niveau des installations de meunerie, comme par exemple :

- acides-bases au niveau du laboratoire ;
- fuel ou carburant au niveau de groupes électrogènes, d'installations de combustion, de la logistique ;
- solvants ;
- gaz naturel au niveau des installations de combustion ;
- insecticides.

Ces risques ne sont pas traités dans le cadre de ce guide.

**Synthèse :**

Les produits généralement utilisés ou fabriqués en meunerie sont garantis dans leurs caractéristiques :

Pour les blés meuniers : les contrats garantissent la maîtrise de l'humidité et de l'empoussièrement. (propreté initiale, pré nettoyage, suivi qualitatif). L'humidité des blés meuniers est inférieure à 15% et généralement située entre 13,5 et 14,5%.

Pour les farines : le suivi et le contrôle qualité garantissent la maîtrise de l'humidité**,** du taux de protéines et de la granulométrie. L'humidité est contractuellement inférieure à 15,5% et se situe à plus de 14,5% en sortie du moulin.

Pour les issues : l'humidité des issues de meunerie est inférieure à 15% contractuellement. La constitution de pellets impose pour le maintien de leur intégrité d'être proche de cette valeur.

# 2 Partie Introductive : Réglementation

## 2.1 Réglementation ICPE

**Textes de base**

La législation des installations classées repose sur la loi n°76 – 663 du 19 juillet 1976, modifiée à plusieurs reprises, où sont fixés les principes de la protection de l'environnement. Le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977, lui aussi modifié plusieurs fois, précise en particulier les procédures à suivre.

Ces textes ont été transcrits dans le Code de l'environnement (Livre V, articles L511, L512, L513, L514, L515, L516, L517).

**Champ d'application**

Le domaine d'application de la législation des installations classées est très large :

- D'une part, la notion d'environnement englobe toutes les installations qui peuvent présenter des dangers ou inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, pour la sécurité, salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et monuments,
- D'autre part, sont visées toutes les exploitations gérées ou détenues par des personnes physiques ou morales, publiques ou privées.

**Notion d'installation**

Un établissement peut comporter plusieurs installations classables. La notion d'installation est liée à la fixité : un dépôt en réservoir de liquides inflammables est classable, un camion-citerne de même capacité contenant les mêmes liquides inflammables, stationné momentanément sur un site, ne l'est pas.

**La nomenclature**

Jusqu'en 1992, la nomenclature était une liste alphabétique de rubriques numérotées de 1 à 418 (de l'abattage des animaux au zirconium en poudre). Entre 1992 et 1996, plusieurs décrets en Conseil d'Etat ont profondément modifié la structure de la nomenclature, qui est désormais divisée en deux grandes parties : les rubriques numérotées 1000, qui concernent les substances, et les rubriques numérotées 2000, qui sont relatives aux activités (par exemple : le stockage, les activités de broyage/concassage/ …).

En fonction des critères fixés par la nomenclature (la quantité pour les substances, la puissance installée, la superficie et la capacité de production pour les activités), une activité ou une substance peuvent être :

- Non classable,
- Soumis à déclaration (D),
- Soumis à autorisation (A),
- Soumis à autorisation avec servitude d'utilité publique (AS).

Lorsque la nomenclature indique un classement « D », l'exploitant doit adresser une déclaration à la préfecture.

Les installations soumises à autorisation sont celles qui peuvent présenter de graves dangers ou inconvénients pour l'environnement. Lorsque la nomenclature indique un classement « A », l'exploitant doit entamer les démarches qui aboutiront à l'autorisation d'exploiter. Contrairement aux installations soumises à déclaration, l'exploitation ne peut commencer avant que l'autorisation ait été accordée par arrêté préfectoral.

**Les rubriques 2160 et 2260**

La meunerie est concernée principalement par 2 rubriques des installations classées :

- **La rubrique 2160** *« Silos et installations de stockage de céréales, grains, produits alimentaires ou tout produit organique dégageant des poussières inflammables » dont le classement est le suivant*

| *Si le volume total de stockage est :* | *Classement des entreprises* |
|---|---|
| Supérieur à 15 000 $m^3$ | **Autorisation** |
| Supérieur à 5 000 $m^3$, mais inférieur ou égal à 15 000 $m^3$ | **Déclaration** |
| Inférieur ou égal à 5 000 $m^3$ | Non classé |

La réglementation des installations soumises à **autorisation** au titre de la rubrique 2160 est prescrite par l'Arrêté du 23 février 2007 relatif à la prévention des risques présentés par les silos de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tous autres produits organiques dégageant des poussières inflammables.

La réglementation des installations soumises à **déclaration** au titre de la rubrique 2160 est prescrite par l'Arrêté type du 29 décembre 1998 "Silos et installations de stockage de céréales, grains, produits alimentaires ou tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables », modifié par l'Arrêté du 18 décembre 2000.

Il existe différents référentiels, dont :

- le Guide de l'état de l'art pour l'application de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation établi par le ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD). Ce guide, rédigé par l'INERIS, apporte un éclairage technique et méthodologique.
- le Guide « Sagess » réalisé par la Fédération française des coopératives agricoles (FFCAT).

**La rubrique 2260** *« Broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épluchage et décortication de substances végétales et de tous produits organiques naturels, à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221, 225 et 2226 mais y compris la fabrication d'aliment pour le bétail » .* Le classement pour cette rubrique est le suivant depuis le décret du 10 août 2005 et le décret 2009-841 :

| *N°* | *Désignation de la rubrique* | *Autorisation (A) ou déclaration (D)* | *Rayon d'affichage en km* |
|---|---|---|---|
| *2260* | *B*royage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, granulation, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épluchage et décortication des substances végétales et de tous produits organiques naturels, y compris la fabrication d'aliments composés pour animaux, mais à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221, 2225, 2226. | | |
| | 1. Traitement et transformation destinés à la fabrication de produits alimentaires d'une capacité de production de produits finis supérieure à 300 t/j ..... | A | 3 |
| | 2. Autres installations que celles visées au 1 : | | |
| | a) La puissance installée de l'ensemble des machines fixes concourant au fonctionnement de l'installation étant supérieure à 500 kW ..... | A | 2 |
| | b) La puissance installée de l'ensemble des machines fixes concourant au fonctionnement de l'installation étant supérieure à 100 kW mais inférieure ou égale à 500 kW ..... | D | |

La réglementation des installations soumises à **autorisation** au titre de la rubrique 2260 l'arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260 18 Février 2010 (cf. annexe 1).

La réglementation des installations soumises à **déclaration** au titre de la rubrique 2260 est prescrite par l'Arrêté 23 mai 2006.

Il existe également plusieurs référentiels, dont :

- Le guide de l'état de l'art de l'industrie de la nutrition animale, réalisé par TECALIMAN, le centre technique des aliments pour animaux.
- Le guide de l'état de l'art de la meunerie, réalisé par l'ANMF.

**On entend par installation de meunerie**:

- les ateliers de transformation, comprenant notamment l'ensemble des machines concourant au broyage, ensachage, nettoyage, tamisage, blutage, mélange des substances ;
- les stockages intermédiaires de fabrication ;
- les équipements de manutention associés.

Ces installations doivent répondre aux dispositions de la rubrique 2260. Les volumes stockés à ce titre sont néanmoins à prendre en compte comme quantités présentes dans l'installation, pour le classement des sites dans le cadre de la nomenclature des installations classées pour la rubrique 2160.

Nous ne traitons dans ce Guide que des installations classées « Autorisation » pour la rubrique 2260.
Certains articles de l'arrêté du 18 février 2010, applicables seulement aux installations nouvelles, ne sont pas traités dans la suite de ce Guide : les règles d'implantation et d'aménagement (art 6 et 7) et comportement au feu des bâtiments et accessibilité (art 8 et 10).

## 2.2 Contenu d'une étude de dangers

L'article L 512-1 du Code de l'environnement précise que dans le cadre d'une demande d'autorisation, le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, le voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique, en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

D'après le *Guide d'élaboration et de lecture des études de danger pour les établissements soumis à autorisation avec servitude*, publié le 28/12/06 et dont les grands principes sont applicables aux moulins soumis à autorisation, toute étude de dangers doit s'appuyer sur une description suffisante des installations, de leur voisinage et de leur zone d'implantation. Elle doit présenter les mesures techniques et organisationnelles de maîtrise des risques et expliciter, s'ils sont pertinents, un certain nombre de points clés fondés sur une démarche d'analyse des risques :

- Description et caractérisation de l'environnement (et plans associés),
- Description des installations et de leur fonctionnement,
- Présentation de l'organisation de la sécurité,
- Identification et caractérisation des potentiels de danger,

- Réduction des potentiels de dangers,
- Enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs),
- Evaluation des risques (pouvant contenir, le cas échéant, l'analyse préliminaire et l'étude détaillée de réduction des risques),
- Caractérisation et classement des différents phénomènes et des accidents potentiels en terme d'intensité des effets des phénomènes, de gravité des conséquences des accidents, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte des performances des mesures de prévention et de protection,
- Evolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant,
- Représentation cartographique,
- Résumé non technique de l'étude de dangers.

## 2.3 Réglementation ATEX

**Cette partie relève de la réglementation du travail. Celle-ci n'est donc pas contrôlée par les DRIRE mais par l'Inspection du Travail.**

**Textes de base**

La réglementation ATEX repose sur deux directives européennes :

- La directive 1999/92/CE du parlement Européen, dite Directive ATEX – Sociale, qui concerne les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosives. Elle a été transcrite en droit français par le décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002 et par 2 arrêtés du 08/07/03 et 1 arrêté du 28/07/03.
- La directive 94/9/CE du parlement Européen, dite Directive ATEX – Machine, qui concerne les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible. Elle a été transcrite en droit français par le décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996.

Selon cette réglementation, les obligations de l'employeur sont les suivantes :

- Évaluation des risques d'explosion
- Prévention des explosions et protection contre leurs effets
- Classement en zones
- Document relatif à la protection contre les explosions
- Mesures techniques et organisationnelles
- Dispositions particulières pour les équipements (Adéquation des équipements aux zones)

**Délimitation des zones à atmosphères explosives**

L'identification des zones à potentiel d'explosion rejoint la délimitation des zones à atmosphères explosibles (ATEX), établie **«sous la responsabilité du chef d'établissement».**

*cf. guide ATEX consultable en annexe 2.*

Dans ce contexte, nous distinguons principalement deux cas :

- Emplacement où une atmosphère poussiéreuse ne se présente ni en quantité, ni en densité, ni en occurrence suffisante : zone non dangereuse

- Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter dans l'air, c'est ce que l'on appelle les zones ATEX. Pour celles-ci, l'occurrence de cette situation est définie suivant que l'atmosphère explosible est permanente (zone 20), occasionnelle (zone 21) ou exceptionnelle (zone 22).

*Rappel : Définition des zones ATEX*

***Zone 20** : emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.*

***Zone 21 :** emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal*

***Zone 22** : emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.*

**Conformité du matériel utilisé**

En fonction de la zone à risque d'explosion prédéfinie, les appareils (électriques et non électriques) et les systèmes de protection doivent correspondre à la catégorie adéquate :

- A partir du 1er juillet 2003, les **matériels non électriques neufs** destinés à être installés dans une zone ATEX, doivent être homologués et marqués en tant que tel.
- Les **matériels électriques neufs** doivent être conformes aux dispositions du décret n°96-1010 du 19/11/96 et installés dans les conditions prévues par l'arrêté du 28 juillet 2003 :
  - Dans une zone 20 : matériel de la catégorie 1D,
  - Dans une zone 21 :matériel de la catégorie 1D ou 2D,
  - Dans une zone 22 : matériel de la catégorie 1D, 2D ou 3D.
- Concernant les **matériels non électriques existants** avant le 1er juillet 2003, ceux-ci ne présentant pas généralement de marquage conforme à la directive 94/9/CE, l'exploitant doit démontrer leur conformité. (La deuxième partie du Guide ATEX consacrée au matériel est en projet)
- Pour les **matériels électriques existants** avant le 1er juillet 2003, l'arrêté du 28 juillet 2003 précise que les installations conformes aux dispositions de l'arrêté du 19 décembre 1988 sont réputées satisfaire aux prescriptions du présent arrêté jusqu'au 30 juin 2006. Au-delà de cette date, elles continueront à bénéficier de cette présomption à condition que le « document relatif à la protection contre les explosions » intégré dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (prévu par le décret 2002-1553 du 24/12/02) les ait validées explicitement avant le 1er juillet 2006.

# 3 Identification et caractérisation des potentiels de dangers

Un **danger** est une situation pouvant nuire par blessures ou dommages aux personnels, aux équipements ou à l'environnement.

Un **risque** c'est **l'exposition à un danger.** Il peut s'exprimer compte tenu de la probabilité qu'il se produise et de la gravité, vis-à-vis de circonstances déterminées.

Avant d'aborder les risques spécifiques à la meunerie, il convient de lister et détailler les dangers auxquels peut être confrontée notre industrie. Cette liste, bien que non exhaustive, fait l'objet de cette partie.

# 3.1 Identification des proximités dangereuses et sensibles

## 3.1.1 Identification des proximités dangereuses

#### *3.1.2.1 Risques liés aux installations voisines*

Les entreprises voisines peuvent représenter un potentiel de dangers et être à l'origine des dangers tels que l'incendie, l'explosion ou encore de risques chimiques, biologiques…

Concernant la connaissance des installations voisines, nous retiendrons les points suivants :

- le nom et l'activité des établissements se trouvant dans un rayon de 200 m, éventuellement 300m (1/10ème du rayon d'affichage – code de l'environnement),
- leurs classifications ICPE (n° de rubriques, quan tités déclarées…),
- leurs propres distances d'effets.

Au-delà des entreprises voisines, toutes les installations à risques dont les effets sont susceptibles d'impacter l'installation doivent être recensées.

#### *3.1.2.2. Risque logistique : liés à la circulation externe au site*

Les axes routiers, ferrés, aériens et fluviaux peuvent représenter un potentiel de dangers de par l'importance du trafic et des produits circulants.
On ne retiendra :

- le risque aérien que si l'établissement est explicitement dans l'axe de décollage,
- le risque fluvial que dans le cas de canaux à grand gabarit.

#### *3.1.2.3 Risques liés aux actes de malveillance*

Les risques liés aux actes de malveillance sont variables : sabotage, vol, dégradation, incendie…
Les personnes responsables de ces actes peuvent être internes ou externes au site.
Ces actes peuvent être volontaires ou non, éventuellement consécutifs à une négligence d'une personne s'étant introduite sur le site.

## 3.1.2 Identification des proximités sensibles (cibles)

Les éléments présents dans l'environnement du site constituent des cibles à protéger (zones d'habitation par exemple) vis-à-vis des accidents majeurs pouvant survenir. On s'attachera principalement à recenser les éléments vulnérables autour de l'établissement :

- Urbanisation : zones d'habitations ou Etablissements Recevant du Public (ERP) dans le voisinage de l'établissement, présence d'autres établissements industriels à proximité,
- Infrastructures : voies de circulation, canalisations et énergies,
- Environnement naturel : zones protégées, cours d'eau, nappes phréatiques,
- Equipements dangereux internes et externes pouvant engendrer des effets dominos,
- Equipements de sécurité : équipements sensibles (pompes de sprinklage), groupe électrogène et local de commande ou de supervision,
- Accessibilité au cite : clôture du site ou inaccessibilité aux zones à risque, horaires de fonctionnement et surveillance.

A titre indicatif concernant les axes de circulation, l'arrêté silo du 29/03/04 retient, pour déterminer les distances d'isolement par rapport aux cibles, les seuils de fréquentation suivants :

- 2000 véhicules jour, en moyenne annuelle et dans les deux sens
- 30 trains de voyageurs par jour

Ces éléments peuvent être évalués selon la fiche n°1 « Eléments pour la détermination de la gravité des accidents » de la Circulaire du Medd du 28/12/06.

## 3.2 Identification des dangers liés à l'environnement naturel

### 3.2.1 Risque foudre

La foudre fait partie des évènements naturels indésirables pouvant être à l'origine de la survenance d'un accident : incendie, explosion, destruction des biens, dysfonctionnement des équipements de gestion informatique…

Il est d'usage de caractériser la sévérité orageuse d'une région ou d'un site par son niveau kéraunique ($N_k$), nombre de jour par an où l'on entend le tonnerre. En France, le niveau kéraunique moyen est égal à 20.

L'arrêté du 15 janvier 2008 précise que les installations classées sous le régime de l'autorisation **doivent avoir fait réaliser une analyse du risque foudre** par un organisme compétent **avant le 1er janvier 2010**. L'analyse du risque foudre identifie les équipements et installations dont la protection doit être assurée.

En fonction des résultats de l'analyse du risque foudre, une étude technique sera à réaliser par un organisme compétent, définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu de leur implantation, ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance. **Cette étude technique sera à réaliser avant le 1er janvier 2012.**

tout les 2ans contrôle complet et tout les autres an 1 contrôle visuel.

### 3.2.2 Risque sismique

Le décret n°91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique (modifié par le décret n°2000-892 du 13 septembre 2000 et par le décret n°2004-1413 du 23 décembre 2004) :
- détermine, pour le territoire national, 5 zones de sismicité croissante : zones 0, I a, I b, II et III,
- définit, pour les bâtiments, les équipements et les installations, deux catégories respectivement dites "à risque normal" et à "risque spécial".

Les activités de meunerie rentrent généralement dans la catégorie dite "à risque normal" qui comprend les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. Les bâtiments, équipements et installations sont répartis en quatre classes A, B, C, D, déterminées par ordre croissant de vulnérabilité potentielle ou d'enjeux stratégiques :
- classe A : bâtiments, équipements et installations dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique,
- classe B : bâtiments, équipements et installations dont la défaillance présente un risque dit moyen pour les personnes,
- classe C : bâtiments, équipements et installations dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique,
- classe D : bâtiments, équipements et installations dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense et pour le maintien de l'ordre public.

La classe B inclut notamment les activités industrielles comportant moins de 300 personnes. Les sites meuniers sont en général dans cette catégorie.

Pour prendre en compte le risque sismique sur leurs installations, les sites meuniers pourront ainsi se reporter à l'arrêté du 29 mai 1997, qui définit les mesures préventives et notamment les règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques qui sont applicables aux bâtiments, aux équipements et aux installations de la catégorie dite "à risque normal", appartenant aux classes B, C et D et situés dans les zones de sismicité Ia, Ib, II et III.

Ce sont celles de la norme NF P 06-013, référence DTU, règles PS 92 "Règles de construction parasismique, règles applicables aux bâtiments, dites règles PS 92".

Il est à noter que les dispositions de cet arrêté s'appliquent :

- aux équipements, installations et bâtiments nouveaux,
- aux additions aux bâtiments existants par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles,
- aux modifications importantes des structures des bâtiments existants.

### 3.2.3 Risque d'inondation et de fortes intempéries

Selon le site Internet *www.prim.net*, l'inondation est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée ; elle correspond au débordement des eaux lors d'une crue. Une crue correspond à l'augmentation du débit ($m^3/s$) d'un cours d'eau, dépassant plusieurs fois le débit moyen : elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

En France, le risque d'inondation concerne une commune sur trois à des degrés divers dont 300 grandes agglomérations.

La loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (SRU) du 13 décembre 2000 a institué le Plan Local d'Urbanisme (PLU), qui remplace le Plan d'Occupation des Sols (POS). Il comprend notamment les parties le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI).

Le principe d'urbanisation est divisé en cinq zones (verte, ciel, bleue, orange et rouge). Le règlement définit pour chacune des zones les mesures d'interdiction et les prescriptions qui y sont applicables. Il définit notamment les dispositions à prendre pour éviter de faire obstacle à l'écoulement des eaux et de restreindre de manière irréversible les champs d'expansion des crues.

En cas d'inondation, le risque principal est l'effondrement des installations.

Dans la majorité des cas, le risque d'inondation engendre un risque d'ordre économique, lié à l'arrêt de l'activité de l'entreprise et aux dégâts causés. Toutefois, des mesures de prévention adéquates peuvent être prises afin que cela ne représente pas un risque pour l'environnement : coupure des énergies, absence de stockage de produits dangereux sous le niveau des plus hautes eaux et difficultés d'accès au site.

## 3.3 Identification des dangers d'origine interne à l'établissement

Les dangers d'origine interne à l'établissement sont issus à la fois des matières premières, des énergies employées et des installations elles-mêmes.

### 3.3.1 Dangers liés aux matières premières et aux produits finis

De manière très générale, l'accidentologie rappelle que les produits agroalimentaires et les céréales peuvent engendrer des risques d'explosion ou d'incendie dans la mesure où :

- Ils contiennent du carbone et de l'hydrogène et sont donc combustibles et par conséquent, capables de provoquer des incendies et des explosions et de dégager dans certaines conditions des produits toxiques ;
- Leur manutention sous forme de grains peut créer des quantités importantes de poussières. Plus la granulométrie et/ou l'humidité de ces poussières est faible et plus elles sont inflammables.
- Les grains de blés, dont l'humidité est supérieure à 15%, peuvent fermenter sur une période supérieure à 8 jours.

En meunerie, le danger potentiel des matières premières ou produits finis est représenté principalement par la poussière qu'ils peuvent dégager au cours de la manipulation.

Les produits susceptibles de présenter des risques compte tenu de leurs natures et de leurs caractéristiques sont les blés (céréales), les poussières organiques qu'ils génèrent, la farine en vrac ainsi que le gluten.

Les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité des produits de meunerie sont détaillées au chapitre 4.

### 3.3.2 Dangers liés aux produits et substances dangereuses

Les produits et substances dangereuses présents sur l'installation peuvent être à l'origine de pollutions ou d'incendies.

Les combustibles employés en meunerie peuvent être à double usage :

- Pour le chauffage : on utilise du gaz ou du fioul. Le gaz naturel, en cas de fuite, forme des atmosphères explosives en mélange avec l'air. Le fioul est propice à des incendies ou des pollutions.
- Pour des opérations de logistiques : on utilise des carburants, du gasoil ou plus rarement de l'essence, ainsi que des installations de distribution.

### 3.3.3 Dangers liés aux activités et installations

#### *3.2.3.1 Risques liés au process*

L'activité meunerie par son process présente des possibilités de création d'atmosphères explosives car la manutention des blés, leur broyage et le transport de la farine peut générer, à l'intérieur des équipements, des zones à atmosphère explosive. Les farines peuvent s'auto-inflammer lorsqu'elles sont chauffées (thermisation, étuvage). Les risques identifiés sont l'incendie et l'explosion.

#### *3.2.3.2 Risques liés au stockage vrac*

La meunerie nécessite un minimum de blé en amont et un minimum de farine en aval de sa production. Ces stockages ont la particularité d'avoir un taux de rotation de l'ordre de 12 à 24 fois par an pour le blé, et de 52 fois par an pour la farine.

Les silos sont généralement constitués des enceintes suivantes : l'intérieur des cellules, les galeries d'ensilage (supérieures), les galeries de reprise (inférieures) et la tour de manutention.

Les risques liés au stockage vrac sont l'incendie, l'explosion, voire plus rarement un auto-échauffement des blés humides et un risque d'auto-inflammation des farines si elles ont été chauffées (farines étuvées).

Enfin, la ruine des cellules (provoquée par un incendie, une explosion ou un problème de structure) peut engendrer un risque d'ensevelissement.

#### *3.2.3.3 Risque lié aux installations de combustion*

Le risque des installations de combustion est lié à l'utilisation de gaz naturel comme combustible car le gaz naturel, en cas de fuite, forme des atmosphères explosives en mélange avec l'air.

#### *3.2.3.4 Risque lié aux activités de stockage en entrepôt couvert*

Le risque principal lié à l'activité d'entreposage est celui de l'incendie du fait d'une accumulation importante de matières combustibles (sacs, palettes).

#### *3.2.3.5 Risque lié à la perte d'électricité ou d'utilités*

La perte d'électricité conduit à l'arrêt instantané du moulin, ce qui réduit les risques liés à la manutention des produits pulvérulents.
Cependant, les risques liés à la perte d'électricité doivent être analysés pour chaque site.

#### *3.2.3.6 Conclusion*

L'analyse de l'activité meunerie, compte tenu des produits manipulés, traités et stockés conduit à se focaliser principalement sur les dangers suivants :

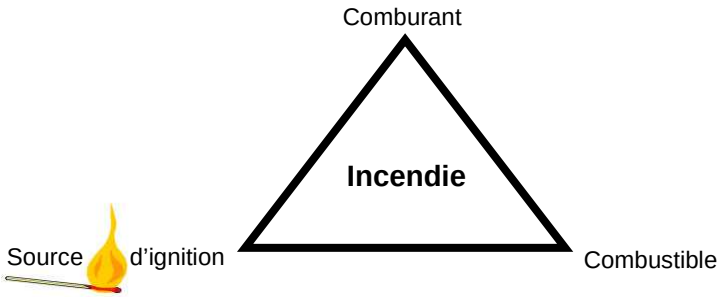
- L'incendie lié aux produits combustibles stockés,
- L'explosion due aux poussières en suspension dans l'air,
- L'auto-échauffement des blés stockés dans des cellules ou des farines étuvées.

## 3.4 Caractérisation du potentiel de danger d'incendie

### 3.4.1 Mécanisme et effets de la survenance d'un incendie

#### *3.4.1.1 Développement d'un incendie*

Un combustible solide peut brûler dans l'air (comburant oxygène de l'air) en présence d'une source d'inflammation. Ces 3 conditions génératrices d'incendie constituent le triangle du feu.




**⇨ Condition N°1 : Comburant**

Il s'agit de l'oxygène de l'air dont la concentration est de 21% environ en volume.

**⇨ Condition N°2 : Produits combustibles**

En meunerie, les produits combustibles, c'est-à-dire susceptible de brûler, présents dans les installations de meunerie, sont principalement les palettes en bois servant au stockage de matières premières et produits finis, les emballages papiers et plastiques et la farine elle même ainsi que les sons, blés et additifs, sous réserve que ces produits soient à un faible taux d'humidité.

Le caractère combustible est défini par le pouvoir calorifique inférieur (PCI), qui est de ~16MJ/kg pour la farine, ~18MJ/kg pour le bois, papier, carton et ~40 MJ/kg pour le caoutchouc et les plastiques.

**⇨ Condition N°3 : Source d'ignition**

Parmi les 13 sources d'ignition présentes dans l'industrie, identifiées dans la norme EN 1127-1, nous retiendrons pour notre activité :

- **les surfaces chaudes** provenant des installations électriques (moteurs, coffrets d'alimentation, câbles), des paliers des machines, des frottements de pièces l'une sur l'autre. Par exemple une surface chaude de 300/400°C enflammera avec certitude une couche statique de 4 à 5 mm de farine et/ou de poussière de blés. Les flammes ainsi produites, formeront une excellente source d'inflammation,
- **les flammes et gaz chauds** associés à des travaux de soudure ou de découpe produisant des gaz chauds, des perles de soudure, des étincelles qui sont des sources d'inflammation très actives, de même que les fumeurs et les véhicules à moteur (camions, locomotives…),
- **les étincelles d'origine mécanique** générées par le frottement de 2 pièces métalliques, l'entrée des matériaux étrangers dans les appareils (pierres ou morceaux de métal) sont capables de générer des particules incandescentes qui atteignent des températures élevées et d'enflammer certains dépôts de poussières mais aussi déclencher des feux couvants,
- **les étincelles produites par les matériels électriques** non-conformes ou défaillants,

- **l'électricité statique,** produite par le frottement des produits sur des composants non anti-statiques
- **la foudre,**
- **l'auto-échauffement** des produits stockés dans certaines conditions (température élevée, taille critique du silo) comprenant l'auto-inflammation des poussières.

Les autres sources d'ignition ci-dessous ne concernent vraisemblablement pas l'activité de meunerie :

- **les courants électriques vagabonds,**
- **les ondes électromagnétiques radiofréquences** de $10^4$ Hz à $3x10^{12}$ Hz,
- **les ondes électromagnétiques** de $3x10^{11}$ Hz à $3x10^{15}$ Hz,
- **les ondes de choc**,
- **les rayonnements ionisants,**
- **les ultrasons.**

*N.B.*
*Si les étincelles d'origine électrique et/ou mécanique ont suffisamment d'énergie pour enflammer de la poussière en masse, l'électricité statique et les ondes électromagnétiques sont considérées comme insuffisante pour amorcer un incendie de produits solides.*

*Il est arrivé que la foudre, au travers d'installations électriques, provoque des étincelles ou des échauffements d'une énergie suffisante pour amorcer un incendie.*

Remarque :
Il est à noter que la vitesse de combustion est extrêmement variable en fonction des facteurs suivants :

- l'état de la division du combustible : pour une même masse, la vitesse de combustion est fonction du rapport surface / volume du combustible.
- Sa disposition de la matière : les facteurs géométriques (épaisseur, forme, surface…) ainsi que les dispositions dans l'espace (position horizontale, verticale…) sont déterminants pour la vitesse de combustion.
- Sa température
- Son humidité et l'humidité de l'air
- Eventuellement la teneur en oxygène

#### *3.4.1.2 Effets de la survenance d'un incendie*

Les effets d'un incendie de matières combustibles sont :

- **l'émission d'un rayonnement thermique,** supposé en champ libre**,** haute température dans l'environnement proche,

Pour évaluer les effets du rayonnement thermique, on retient les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques suivantes (cf. arrêté du 29/09/05) :

Pour les effets sur l'homme[1] :

3 kW/m$^2$ ou 600 ([kW/m$^2$]$^{4/3}$).s, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
5 kW/m$^2$ ou 1000 ([kW/m$^2$]$^{4/3}$).s, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
8 kW/m$^2$ ou 1800 ([kW/m$^2$]$^{4/3}$).s, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone de dangers très graves pour la vie humaine.

[1] Les seuils d'effets sur l'homme sont exprimés en flux d'énergie et également en dose par unité de temps

Pour les effets sur les structures :

5 kW/m$^2$, seuil des destructions de vitres significatives ;

8 kW/m$^2$, seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures ;

16 kW/m$^2$, seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton ;

20 kW/m$^2$, seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures bétons ;

200 kW.m$^2$, seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Les distances de rayonnement thermique sont évaluées en champ libre sans prendre en compte les structures ou les mouvements de terrain qui pourraient faire obstacle.

- **l'émission de fumées** issues de la décomposition des produits combustibles peut gêner l'évacuation et dégager des gaz toxiques.

- **l'émission de matières incandescentes** de type flammèches.

### 3.4.2 Zones à risque incendie

Il s'agit d'identifier les zones où ce risque est présent, compte tenu des matériaux mis en œuvre pour la meunerie :

- Les zones constituant la structure des bâtiments (si ceux-ci sont de constitution en bois : plancher ou poutraison, les panneaux sandwich en polyuréthane,…),
- Les zones de stockage : emballage vide (sacs kraft polypropylène), suremballage (plastique, film étirable), palettes vides, matières premières et produits finis en sacs sur palettes, huiles et hydrocarbures,
- Les zones comportant les matériels à risque (armoires et installations électriques, courroies et sangles, étuvage des farines…).

### 3.4.3 Quantification du potentiel de danger d'incendie

La quantification du potentiel de dangers incendie est l'affaire de spécialiste. Elle est réalisée à l'aide d'outils spécifique : logiciels, méthodes de calculs normalisés,…, en fonction des scénarios à établir vis-à-vis d'un établissement.

Concernant l'incendie, la quantification du potentiel de dangers sera fonction de la masse de combustible solide, ou la présence de liquide inflammable, de la structure des bâtiments contenant ces combustibles. Les méthodes de calculs permettent d'obtenir une valeur de flux thermique en tout point de l'espace. Celui-ci sera comparé aux valeurs seuils de références.

Le modèle utilisé pour le rayonnement est **de type feu de nappe**, dans lequel la flamme est modélisée par un parallélépipède dont les surfaces rayonnent uniformément.
L'application de ce modèle nécessite la définition d'un certain nombre de paramètres qui permettent d'estimer le flux thermique radiatif reçu par une cible à partir du rayonnement émis par la flamme.
Ces paramètres interviennent dans les deux grandes étapes de la modélisation, à savoir :

1. <u>La caractérisation de la flamme, à partir des paramètres suivants :</u>
   - l'aire de la base des flammes, soit le diamètre de la nappe,
   - la hauteur de flamme qui fait intervenir la notion de débit massique de combustion,
   - la puissance surfacique rayonnée ou pouvoir émissif de la flamme.
2. <u>L'estimation de la décroissance du flux thermique radiatif en fonction de la distance, à partir des paramètres suivants :</u>
   - le facteur de forme qui traduit l'angle solide sous lequel la cible perçoit la flamme,
   - le coefficient d'atténuation atmosphérique qui traduit l'absorption d'une partie du flux thermique radiatif par l'air ambiant.

Source : INERIS guide feu de nappe OMEGA 2

# 3.5 Caractérisation du potentiel de danger d'explosion

## 3.5.1 Mécanismes et effets de la survenance d'une explosion

### *3.5.1.1 Mécanisme des explosions de poussières de céréales*

Une explosion peut être définie comme la combustion rapide d'un mélange gaz, vapeur, poussières ou aérosol dans un espace confiné dans lequel la chaleur dégagée est plus importante que la chaleur perdue dans le milieu.

Pour qu'une explosion de poussières se déclenche, il faut qu'un nuage inflammable de poussières existe à l'intérieur d'un volume et qu'une source de chaleur ou d'énergie suffisamment intense vienne au contact de ce nuage provoquant son inflammation. Les particules autour de la source s'enflamment et servent de source d'inflammation au mélange air-particules adjacent ; le phénomène se propage de proche en proche transformant les mélanges froids en produits de combustion chauds (1000 à 2000°C). L'augmentation de température qui s'en suit est responsable des effets de la pression en milieu confiné, observés lors d'une explosion.

On distingue 2 types d'explosion de poussières :

- **l'explosion primaire** : c'est l'explosion initiale produite à la suite de l'inflammation d'un nuage de poussières, dont la concentration est supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE),
- **l'explosion secondaire** : c'est l'explosion qui est déclenchée par la propagation d'un front de flamme, dans une atmosphère explosive, créée par la mise en suspension de dépôt de poussières, par action de l'onde de pression provenant d'une explosion primaire.

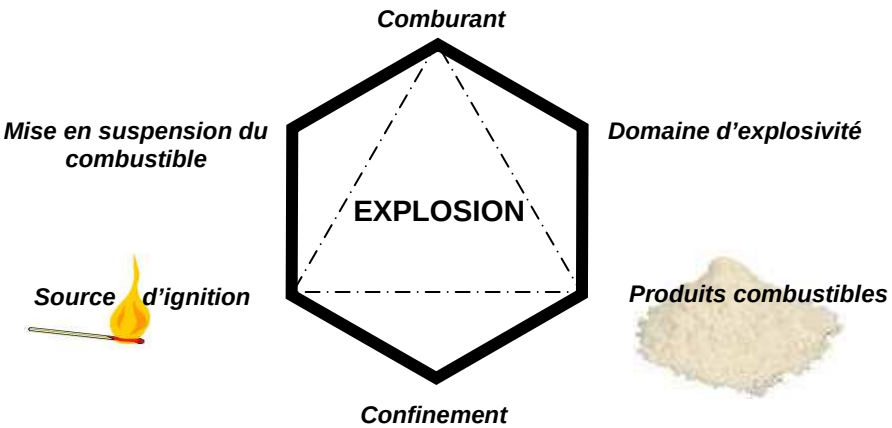
La formation d'un nuage explosif initial peut être produit par la mise en suspension lente ou rapide, par un courant d'air, des poussières déposées en couches ou par une fuite de produit d'un appareil de traitement ou de manutention.

Les poussières de céréales, organiques par nature, sont combustibles et peuvent brûler rapidement quand elles se trouvent en suspension dans l'air en présence d'une source d'inflammation. Ces 3 conditions génératrices d'incendie constituent le triangle du feu.

L'incendie consécutif à cette combustion peut induire une explosion si trois autres facteurs sont réunis simultanément :

- le combustible doit être en nuage,
- la concentration de poussières dans l'air doit atteindre un seuil minimum d'explosivité,
- conditions réunies dans un volume confiné ou partiellement confiné.

Ces 6 conditions indispensables constituent l'hexagone de l'explosion



**⇨ Condition N°1 : Comburant**

Il s'agit de l'oxygène de l'air dont la concentration est de 21% environ en volume.

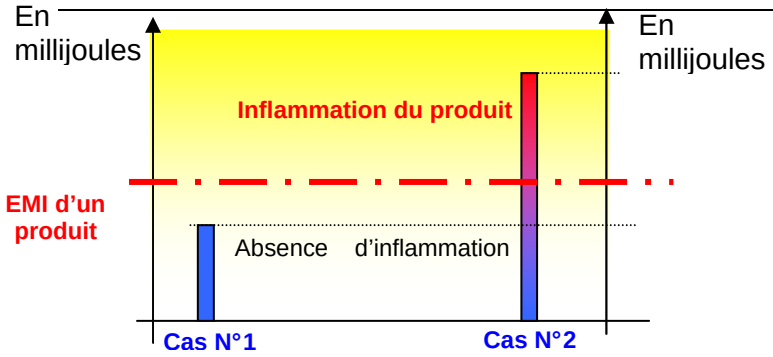
**⇨ Condition N°2 : Produits combustibles**

Le produit combustible présent dans l'activité de meunerie, susceptible de propager un incendie et de déclencher une explosion de poussières, est principalement la poussière de céréale et de farine, provenant de leur manutention. Les grains frottant les uns sur les autres libèrent de fines particules collées à la surface de leur enveloppe ou détachées par usure. Cette quantité de poussières est d'autant plus importante que les grains sont secs ou cassés. Le volume de poussières engendré par la manutention de céréales est de l'ordre de 0,1% du poids manipulé. Leur poids spécifique est faible, de 100 à 300 kg/m$^3$, à comparer à celui des céréales dont elles sont issues qui est de 600 à 850 kg/m$^3$.

La dimension des poussières est également très variable, de 1 à 400 µm. Les particules les plus grosses, supérieures à 200 µm, présentent moins de risque d'explosion. Plus les particules sont fines, donc leur surface "spécifique" grande et plus les poussières deviennent explosives. Le diamètre médian des farines et des poussières en meunerie est présenté au paragraphe 4.2.

**⇨ Condition N°3 : Source d'ignition**

Les principales sources d'inflammation pouvant être rencontrées dans nos établissements sont les mêmes que celles énumérées ci avant pour le risque incendie au § 3.4.1.1, condition N°3.
On y rajoutera la possibilité de l'électricité statique si l'énergie de cette source atteint le seuil minimum d'inflammation (>300mJ pour la farine panifiable).




L'EMI (l'énergie minimum d'inflammation) d'un produit est le niveau d'énergie minimale qu'une étincelle électrique doit délivrer pour être capable d'enflammer un produit sous la forme de nuage de poussières.

**Différentes énergies de décharge d'électricité statique**

Si l'énergie d'une étincelle atteint le seuil minimum d'inflammation ou si on dépasse la température d'auto-inflammation du produit alors il y a un risque d'explosion (cf. paragraphe 4.2.).

**⇨ Condition N°4 : Mise en suspension du combustible**

Les nuages de poussières peuvent être créés :

par mise en suspension lente ou rapide, dans l'air, de poussières disposées en couches (courant d'air, souffle d'une déflagration initiale),

lors des traitements de matières (broyage), de leur transport (pneumatique en particulier), de manutentions (vidanges ou remplissages de silos, pelletage).

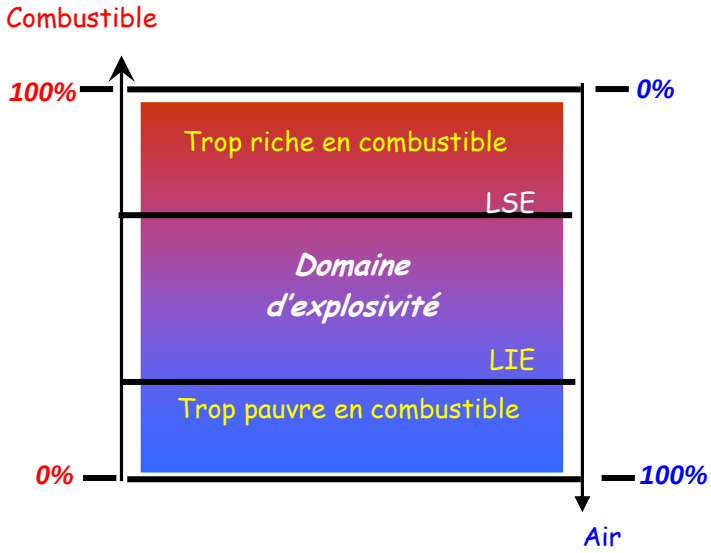
La stabilité des nuages dépend de la densité des poussières, de leur cohésion, de leur forme, de leur humidité et de leurs dimensions.

**⇨ Condition N°5 : Domaine d'explosivité**

Le mélange air-poussières doit être en quantité susceptible de s'enflammer, c'est-à-dire compris entre une Limite Inférieure d'Explosivité (LIE), trop pauvre en combustible, et une Limite Supérieure d'Exposivité (LSE), trop riche en combustible. La LSE n'est généralement pas exploitée pour le risque d'explosion de poussières du fait de la sédimentation de celles-ci.

*La **LIE** (limite inférieure d'explosivité) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air, est la concentration minimale dans le mélange en dessous de laquelle celui-ci ne peut être enflammé.*

*La **LSE** (limite supérieure d'explosivité) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières est la concentration maximale dans le mélange au-dessus de laquelle celui-ci ne peut être enflammé.*




*Remarque : la LIE peut aussi être dénommée CME (Concentration Minimale d'Explosivité) dans le cas particulier des atmosphères explosibles poussières.*

**⇨ Condition N°6 : Confinement**

Le confinement est l'état d'installation qui ne permet pas l'expansion libre des gaz. Le confinement peut être partiel ou total.

Les galeries, les tours de travail et les cellules de stockage peuvent correspondrent à des enceintes confinées.

L'absence de confinement élimine la montée en pression. Cependant il peut y avoir dilatation thermique et on parle alors de boule de feu (phénomène de « flash »).

### *3.5.1.2 Effets de la survenance d'une explosion de poussière*

Les conséquences d'une explosion de poussières à l'intérieur d'un appareil ou d'un bâtiment sont :

- l'augmentation de pression due au confinement,
- l'expansion des gaz quand il n'y a pas confinement : propagation d'une flamme suite à l'amorçage de la combustion d'un nuage de poussières combustibles (boule de feu).

Si les installations ont des résistances de rupture inférieures à la surpression engendrée par l'explosion ou si elles ne sont pas suffisamment protégées, alors il peut se produire une ruine. Des fragments sont ainsi formés et projetés par l'impulsion de pression dans l'environnement, souvent à grande vitesse. La surpression (effet de souffle) et la flamme, jusqu'alors confinées à l'intérieur, sont libérées et peuvent engendrer des conséquences dans l'environnement.

Les conséquences d'une explosion sur l'environnement sont :

- **des effets dynamiques :**

⇨*des dommages corporels résultant*

- de l'action directe de l'onde de pression sur le corps humain,
- ou de l'impact de projection d'objets ou de fragments sur le corps humain,
- ou du heurt du corps humain propulsé sur un obstacle,
- ou de l'ensevelissement sous les produits à la suite de la ruine des parois d'une cellule de stockage

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression sur l'homme sont les suivantes (cf. arrêté du 29/09/05) :

20 hPa ou mbar, seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme ;
50 hPa ou mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
140 hPa ou mbar, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
200 hPa ou mbar, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

⇨*la destruction d'installations ou de structures résultant*

- de l'action directe de l'onde de pression,

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression sur les structures sont les suivantes (cf. arrêté du 29/09/05) :

20 hPa ou mbar, seuils des effets significatifs de bris de vitre ;
50 hPa ou mbar, seuil des dégâts légers sur les structures ;
140 hPa ou mbar, seuil des dégâts graves sur les structures ;
200 hPa ou mbar, seuil des effets domino ;
300 hPa ou mbar, seuil des dégâts très graves sur les structures.

- ou de l'impact de projection d'objets ou de fragments,

Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets missiles, l'évaluation des « effets missiles » d'un accident potentiel nécessite une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant et le tiers expert.

Les bris de verre des galeries ou des tours sont également à prendre en compte.

Pour la détermination des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Aussi, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas.

- **des effets thermiques:**

Le flux thermique dégagé par une explosion de poussières malgré une vitesse de propagation de la flamme élevée et donc un temps d'exposition très réduit, est susceptible d'entraîner des blessures graves, éventuellement la mort des personnes directement exposées.

### 3.5.2 Zones à risque d'explosion de poussières

Afin d'identifier les zones à risque d'explosion de poussière, on commencera pas localiser les zones présentant une atmosphère explosive due à la présence permanente ou ponctuelle de poussière, notamment les zones à ATmosphère Explosive qui ont été délimitées dans l'entreprise conformément à la réglementation ATEX.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur les tiers, on peut être amené à prendre en compte d'autres scénarios plus contraignants tels que des incidents exceptionnels (probabilités faibles d'apparition d'une atmosphère poussiéreuse explosive et d'inflammation de cette atmosphère).

Les risques spécifiques créés par ces atmosphères explosives doivent être évalués en tenant compte notamment :

- de la probabilité d'inflammation de l'atmosphère explosive,
- de l'étendue des conséquences d'une éventuelle explosion.

L'identification des zones à risque d'explosion de poussières est fonction de la tenue générale de l'établissement, du management de la sécurité et des garanties techniques et organisationnelles vis à vis des dispositions de nettoyage et d'aspiration. Cette analyse est donc particulière à chaque usine (cf. analyse de risques).

### 3.5.3 Zone à risque d'explosion de gaz ou de carburants

Le gaz ou les carburants pourraient constituer par leur emploi, à certains endroits, des zones à potentiel de dangers, mais l'application stricte des normes vis-à-vis de ces matériels (chaudière, générateur d'air chaud, ou plus généralement des locaux où ils sont mis en œuvre : chaufferie) éloigne l'occurrence de ce risque.

### 3.5.4 Quantification du potentiel de danger d'explosion

#### *3.5.4.1 Quantification des effets de pression*

Pour l'explosion de poussières, les différentes méthodes de quantification des effets de pression ont été développées dans le *« guide de l'état de l'art des silos », établi par le MEDD et l'INERIS.* Il est inutile de reprendre ce développement, que l'on peut consulter par ailleurs.

L'objectif de la quantification du potentiel de danger est d'établir des distances d'effets.

La méthode repose :

- Sur l'équation de Brode pour déterminer l'énergie disponible d'explosion,
- Sur la méthode multi-énergie pour évaluer l'atténuation des effets de pression.

Au dire du guide silo, cette démarche à l'avantage de définir l'énergie disponible par rapport aux spécificités du contenant (Pression de rupture et Volume).

S'agissant du choix de l'indice, seul l'indice 10 semble adapté puisque l'on a affaire à un phénomène d'éclatement et de propagation d'onde de choc. Les indices inférieurs correspondent à des explosions de gaz à l'air libre en milieu encombré.

L'application de cette méthode se déroule en 2 étapes :

**Etape 1 : Détermination de l'énergie de l'explosion de poussières**

Elle s'effectue à partir de l'équation de Brode (en Joules) : $\mathbf{E = 3 * V * (P_{ex} - P_{atmosphérique})}$

Avec :

- V = volume de l'enceinte considérée en $m^3$
- $P_{ex}$ - $P_{atmosphérique}$ = Pression relative de l'explosion en Pa,

Dans une approche dimensionnante on retiendra comme pression relative [ $P_{ex}$ - $P_{atmosphérique}$ ] de l'explosion :

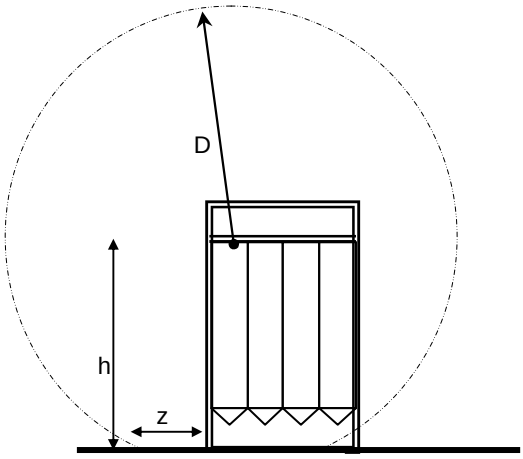
- dans le cas d'une **explosion primaire** :
  - Si le volume est correctement évenété et découplé : [ $P_{ex}$ - $P_{atmosphérique}$ ] = $P_{red\ Max}$. Soit la pression réduite utilisée pour calculé la surface d'évent.
  - Si le volume est non évenété : [ $P_{ex}$ - $P_{atmosphérique}$ ] = 2 * $P_{rupture}$ ou [$P_{rupture}$ ] est la pression statique de rupture de l'enceinte.
- 5 bars dans le cas d'une **explosion secondaire**. Cette valeur est prise sur la base du retour d'expérience.

**<u>Etape 2</u>** : **Détermination des distances des effets de surpression**

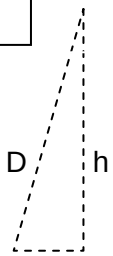
Elle s'effectue en appliquant la méthode multi-énergie indice 10. Cette formule, respectant la physique du phénomène, donne les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement. Le tableau suivant donne les formules associées aux effets de surpression :

| Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression | Distance des effets de surpression suivant la méthode multi-énergie indice 10 |
|---|---|
| 200 mbar | $0{,}032\ E^{1/3}$ |
| 140 mbar | $0{,}05\ E^{1/3}$ |
| 50 mbar | $0{,}11\ E^{1/3}$ |
| 20 mbar | Double de la distance de 50 mbar |

Les **distances d'effet (Z)** sont considérées comme des distances hémisphériques à prendre à partir du point de départ de l'explosion (centre de la section de la cellule au niveau de la dalle haute dans le cas d'une cellule qui s'ouvre sur le dessus) et sont corrigées de manière à obtenir des distances rapportées au sol si la cellule est suffisamment éventée.




$Z = (D^2 - h^2)^{1/2}$




Les éléments donnés ci-dessus sur le calcul des effets d'une explosion de poussières ne constituent, tout au plus, que des ordres de grandeur. Cependant ils peuvent être suffisants dans bon nombre de cas.

Ces distances d'effets seront utilisées au niveau :

- de l'analyse des risques d'incidents sur les installations,
- de l'étude des scénarios d'accidents.

**Une cartographie doit être utilisée pour représenter les distances d'effets.**

#### *3.5.4.2 Distance d'ensevelissement sous le produit*

Le Guide silos propose une méthode de calcul de la distance d'ensevelissement sous le produit en cas d'éventration d'une cellule.

Désignant par :
D : Le diamètre de la cellule cylindrique (m) ou l'arête de la section droite pour une cellule carrée
H : hauteur du produit stocké (m)
$\alpha$ : l'angle de talutage

il vient : $d_E = \sqrt{2HD/tg\alpha}$

L'angle de talutage du blé est de l'ordre de 22° à 26°, alors que celui de la farine et de 20°.

## 3.6 Caractérisation du potentiel de danger d'auto échauffement des produits

### 3.6.1 Mécanisme de l'auto échauffement

Cette situation peut se présenter suite à des phénomènes de fermentation aérobie (grains stockés trop humides) ou lorsque les grains, les poussières ou les farines étuvées sont stockés à des températures trop élevées ou sur des surfaces chaudes, dans des volumes de tailles spécifiques (voir guide silos).

### 3.6.2 Conséquences maximalistes d'un auto échauffement

Les conséquences sont :

- possibilité d'un feu couvant mais qui peut être très étendu, difficile à maîtriser et qui peut former une atmosphère explosive par dégagement de CO dans le ciel du silo
- libération de CO (résultant de mauvaise combustion) et de gaz de pyrolyse ainsi que la formation de mélanges hybrides poussières / gaz créent un risque d'explosion et induisent des risques d'intoxication.

Ces conséquences maximalistes sont traitées dans le guide silos.

## 3.7 Réduction des potentiels de danger

La réduction des potentiels de danger se fait dans le respect de quatre principes, définis dans la directive européenne IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) de 1996 qui définit les Meilleurs Techniques Disponibles.

Ces quatre principes sont les suivants :

- Substituer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux (**principe de substitution**) : par exemple utiliser des produits insecticides moins toxiques et moins inflammable.

- Intensifier les procédés en passant de procédés discontinus à des procédés continus afin de minimiser les stocks de produits à risque (**principe d'intensification**). Il s'agit par exemple de réduire le volume des équipements de production au sein desquels le

potentiel de danger est important. En meunerie, ce principe ne trouve pas d'application concrète car le produit stocké est moins dangereux que le produit manutentionné.

- Simplifier les procédés en les rendant plus efficaces et plus sûrs (**principe de simplification**). On peut mettre en valeur les travaux effectués ayant permis la diminution du nombre d'équipements dangereux, du nombre d'interconnexions, la sortie d'un filtre à l'extérieur,…

- Définir des conditions opératoires moins dangereuses (**principe d'atténuation**) : par exemple, diminuer la vitesse des appareils, diminuer la température des process d'étuvage ou de granulation.

*NB : Dans le cadre de l'étude de Dangers, cette partie permet de valoriser les travaux de sécurité réalisés au sein de l'installation au cours des dernières années.*

# 4 Caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité des produits

Les mesures citées dans cette partie sont issues de deux études :

- L'étude : « Mesure des caractéristiques à l'explosion de poussières des échantillons de farines, gluten et poussières de blé » réalisée pour le GAM (Groupement des associations meunières européennes, devenu EFM) à la demande de son conseil d'administration.

L'objectif de l'étude était de fournir à l'industrie meunière un certain nombre de données sur l'explosivité de la farine et des produits présents dans les moulins afin de :

- donner aux entreprises les informations nécessaires à la démarche de gestion de risque et pour l'application de la Directive ATEX ;
- préciser l'acceptabilité des études antérieures, nombre d'entre elles fournissant des données peu précises et alarmistes sur la farine avec des méthodes d'analyse et des échantillons non définis ou ne correspondant pas aux produits réellement présents dans les moulins.

Cette étude a été réalisée en Juillet 2002 par la société Burgoynes consultants limited sur la base d'échantillons de produits industriels représentatifs de la production meunière européenne.

- L'ANMF a complété ces données par des analyses réalisées en décembre 2005 par l'INERIS sur un échantillon de farine standard afin de :

- déterminer les tailles critiques des cellules pour l'auto-inflammation des farines,
- faire une extrapolation pour déterminer la LSE,
- confirmer les ordres de grandeur donnés par le GAM.

Les résultats de ces études actualisent les données antérieures pour les produits présents dans les moulins.

## 4.1 Paramètres caractérisant l'explosivité et l'inflammabilité des produits

Les caractéristiques présentées dans cette partie ne constituent pas une liste exhaustive mais sont celles qui paraissent les plus utiles. Après une définition, les méthodes qui ont été utilisées pour mesurer chacun des paramètres sont rapidement présentées.

### 4.1.1 L'énergie Minimale d'Inflammation : EMI

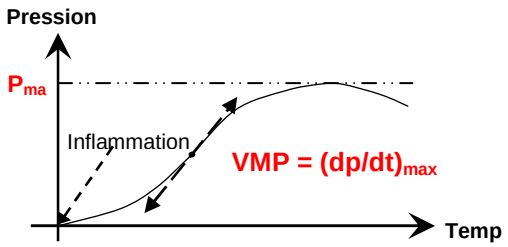
Définition : L'énergie minimale d'inflammation (EMI) d'un produit est la plus faible énergie électrique stockée dans une capacité, dans des conditions d'essais spécifiées, qui, lors de la décharge, est juste suffisante pour obtenir l'inflammation de l'atmosphère la plus facilement inflammable.

Méthode utilisée : Les Energies Minimales d'Inflammation ont été déterminées conformément aux principes du standard international CEI 61241-2-3 de septembre 1994 pour l'étude GAM 2002 et de la norme NF EN13821 de février 2003 pour l'étude ANMF 2005. L'Appareil de mesure utilisé était le MIKE 3 (Kühner). Il s'agit d'un tube Hartmann modifié en verre d'un volume de 1,2 litre. Pour chaque essai on teste différentes valeurs d'énergie (dans notre cas 3 valeurs ont été testées : 1000 mJ, 300 mJ et 100 mJ) et on note les deux valeurs d'énergie suivantes :

- E2, qui correspond à l'énergie la plus élevée pour laquelle on observe cinq non inflammation sur cinq essais,
- E1, qui correspond à l'énergie la plus faible pour laquelle on observe au moins une inflammation sur cinq essais.

### 4.1.2 Vitesse maximale de montée en pression et pression maximale

Définition : Ces valeurs caractérisent la violence d'une explosion. Ils sont mesurés sur la courbe pression-temps, pour des conditions d'essais données.




***Courbe Pression – temps***

où $P_{max}$ est la surpression maximale d'explosion (exprimé en bar) et
VMP = Vitesse de Montée en Pression (exprimé en $bar.s^{-1}$)

On cherche à déterminer les valeurs les plus élevées de $P_{MAX}$ et VMP en faisant varier la concentration du nuage de poussières.

Ces caractéristiques de violence de l'explosion dépendent de la répartition granulométrique, de la forme des grains, de la turbulence initiale du nuage de poussières dans l'air, de la source d'amorçage, voire de la forme du récipient d'essai.

La valeur de VMP dépend du volume V de l'appareillage d'essai selon une relation dite « relation cubique » :

$$VMP.V^{1/3} = K_{ST}$$

A partir des valeurs de $K_{ST}$ obtenues, les poussières combustibles sont classées en trois catégories :

| Classe | $K_{ST}$ (bar.m.s$^{-1}$) |
|---|---|
| St 1 | $1 < K_{ST} < 200$ |
| St 2 | $200 \leq K_{ST} < 300$ |
| St 3 | $K_{ST} \geq 300$ |

C'est à partir des valeurs de violence d'explosion ainsi obtenue qu'il est possible de définir les moyens de se protéger contre les effets de l'explosion : évents de décharge,…

A titre indicatif, le $K_{ST}$ de poussières agro-alimentaires varie de 50 bar.m.s$^{-1}$ à environ 200 bar.m.s$^{-1}$ (classe d'explosion St1)

Méthode : Les indices d'explosion des matériaux ont été déterminés conformément aux principes du BS.6713 Partie 1: 1986 (ISO 6184/1 - 1985), pour une seule concentration. L'appareil de mesure utilisé était une chambre d'analyse sphérique de 20 litres entourée par une poche d'eau dans laquelle un nuage de poussière est mis en présence d'une source d'inflammation (2 allumeurs chimiques de 5000 J).

### 4.1.3 Température d'Auto Inflammation d'un nuage en °C : TAI en nuage

Définition : Dans des conditions d'essais spécifiées, il s'agit de la température la plus faible d'une surface chaude sur laquelle le mélange le plus inflammable de poussières avec l'air est enflammé.

Cette température de l'ordre de quelques centaines de °C. La détermination de cette température est pertinente en ce qui concerne le choix des températures maximales de surface des corps chauffés ou des températures de fonctionnement des procédés : la température de surface doit alors être inférieure à deux tiers de la TAI nuage.

Méthode : Les températures d'auto-inflammation en nuage ont été déterminées conformément aux principes de BS. EN 50281-2-1: 1999 (ISO 6184/1 - 1985) pour l'étude GAM 2002 et la norme CEI-1241-2-1-partie 2-Méthode B pour l'étude ANMF 2005. La TAI est déterminée par analyse dans un foyer Godbert-Greenwald.

### 4.1.4 Température d'Auto Inflammation en couche en °C : TAI en couche

Définition : Dans des conditions d'essais spécifiées, il s'agit de la température la plus faible d'une surface chaude sur laquelle l'inflammation se produit dans une couche de poussières.

Cette température de l'ordre de quelques centaines de °C. La détermination de cette température est pertinente en ce qui concerne le choix des températures maximales de surface des corps chauffés ou des températures de fonctionnement des procédés : la température de surface doit alors être inférieure à la TAI couche – 75°C.

Méthode : L'analyse de la TAI en couche a été basée sur la norme CEI-1241-2-1-partie 2 – Méthode A. La température d'auto-inflammation en couche a été déterminée pour une couche de produit d'une épaisseur de 5mm.

### 4.1.5 Limite inférieure d'explosivité : LIE

Définition et méthode: La Limite inférieure d'explosivité (LIE) est la concentration minimale dans le mélange en dessous de laquelle celui-ci ne peut pas être enflammé.
Dans l'étude GAM 2002, la LIE a été mesurée dans une sphère de 20 litres entourée d'une poche d'eau dans laquelle un nuage de poussière est mis en présence d'une source d'inflammation

(500 J). Cette procédure est répétée à différentes concentrations de poussière afin de déterminer la concentration à laquelle la pression mesurée n'excède pas celle obtenue pour la source d'inflammation seule. Le test a été répété deux fois à cette concentration afin de confirmer qu'il n'y avait aucune inflammation du mélange air/poussière.
Dans l'étude ANMF 2005, la LIE a seulement été estimée à partir des tests de la vitesse maximale de montée en pression et de pression maximale en retenant la plus petite concentration à partir de laquelle était constatée une augmentation significative de pression.

### 4.1.6 Limite supérieure d'explosivité : LSE

Définition et méthode: La Limite supérieure d'explosivité (LSE) est la concentration maximale dans le mélange au dessus de laquelle celui-ci ne peut pas être enflammé.
Dans l'étude ANMF 2005, la LSE a seulement été estimée à partir des tests de la vitesse maximale de montée en pression et de pression maximale en réalisant des extrapolations des courbes de mesure.

### 4.1.7 Classe de combustion

Définition et méthode : L'analyse est basée sur les principes cités dans HSC "Recommandations et méthodes d'analyse pour la classification et l'emballage des matières dangereuses".

Les propriétés de combustion des produits ont été déterminées à température ambiante en plaçant une couche de produit d'approximativement 20cm de long, 2cm de large et 1cm d'épaisseur sur une surface thermo-isolante. Une extrémité de la couche était alors exposée à une source d'inflammation (flamme au gaz) et la vitesse à laquelle la combustion se propage depuis la source d'ignition et la nature de la combustion (i.e. enflammé ou non) étaient notées.

| Propagation du feu | Type de Réaction | Classe de Combustion |
|---|---|---|
| non | Ne prend pas feu. | 1 |
| non | Brève ignition, extinction rapide. | 2 |
| non | Combustion locale ou combustion lente, légère propagation. | 3 |
| oui | Incandescence ou décomposition lente sans flamme. | 4 |
| oui | Brûle comme un feu d'artifice, ou brûle lentement avec une flamme. | 5 |
| oui | Combustion très rapide avec flamme ou décomposition rapide sans flamme. | 6 |

### 4.1.8 Taille critique des silos

Définition et méthode : Des essais en étuves isothermes permettent de déterminer la température critique d'auto-inflammation de volumes cubiques croissants d'un combustible solide. Lorsque le volume des récipients cubiques augmente, la température minimale d'auto-inflammation diminue et il est possible d'extrapoler jusqu'à un volume de stockage plus important.

### 4.1.9 Analyse thermique différentielle et analyse thermogravimétrique

Définition et méthode : La comparaison des températures et des masses d'un échantillon de farine et d'un témoin inerte placés dans un four à température ambiante dont on élève la température de 5°C/min permet de mettre en évidence de façon semi-quantitative tout phénomène endo ou exothermique qui pourrait se produire au cours du chauffage. Cette analyse détermine la réactivité de la farine du point de vue de l'auto-échauffement.

# 4.2 Caractéristiques d'explosivité et d'inflammabilité des produits de meunerie

## 4.2.1 Etude GAM 2002

### *4.2.1.1 Echantillons testés*

Les analyses ont été réalisées sur les échantillons suivants, prélevés dans un moulin, à différentes granulométries :

Farine blanche panifiable telle que reçue et < 63 µm
Farine biscuitière < 90 µm
Farine thermisée < 90 µm
Farine complète telle que reçue
Gluten < 63 µm
Issues de blé telles que reçues et < 250 µm
Poussière de blé < 125 µm
Poussière d'aspiration de blé < 125 µm
Poussière de filtre de nettoyeur < 38 µm

### *4.2.1.2 Résultats*

Les analyses ont été réalisées sur les échantillons suivants à différentes granulométries :

| Matériaux testés | Humidité | Granulométrie médiane | Granulométrie testée | EMI | Pmax | Kst | Classe d'Explosion | TAI nuage | TAI couche | LIE | Classe de Combustion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | µm | µm | mJ | bar | bar.m/ sec | | °C | °C | g/m³ | |
| Farine blanche panifiable | 13.4 | 63-90 | | >1000 | 6.8 | 68 | St1 | 430 | >450 | 500-510 | 1 |
| Farine blanche panifiable | 13.4 | | <63 | >1000 | 6.9 | 65 | St1 | 430 | >450 | | |
| Farine biscuitière | 13.1 | 90-125 | <90 | >1000 | 7.5 | 91 | St1 | | | | |
| Farine thermisée | 6.6 | 63-90 | <90 | 300-1000 | 7.8 | 100 | St1 | | | | 1 |
| Farine complète | 12.9 | 63-90 | | >1000 | 6.8 | 53 | St1 | 430 | | | |
| Poussière de blé | 12.9 | 90-125 | <125 | 300-1000 | 7.7 | 105 | St1 | | | | |
| Gluten | 6.7 | 38-63 | <63 | 30-100 | 6.8 | 146 | St1 | 470 | 390 | | |
| Issues de blé | 13.5 | 500-125 | | >1000 | 6.6 | 79 | | 510 | >450 | | 1 |
| Issues de blé | 13.5 | | <250 | >1000 | 7.0 | 69 | St1 | 470 | >450 | | |
| Poussière d'aspiration blé | 11.5 | 63-90 | <38 | 300-1000 | 8.8 | 112 | St1 | 470 | >450 | | |
| Poussière de filtre de nettoyeur | 11.5 | 38-63 | <38 | 300-1000 | 8.8 | 122 | St1 | 450 | >450 | | |

*Source : GAM, 2002*

### 4.2.2 Etude ANMF/INERIS 2005

#### *4.2.2.1 Echantillon testé*

Les analyses ont été réalisées sur un échantillon de farine blanche panifiable T 55, sans additif, telle que reçue (humidité 13,4%, granulométrie médiane de 57,3 µm).

#### *4.2.2.2 Résultats*

| Matériaux testés | Humidité | Granulométrie médiane | Granulométrie testée | EMI | Pmax | Kst | Classe d'Explosion | TAI nuage | TAI couche | LIE estimée | LSE estimée |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | µm | µm | mJ | bar | bar.m/sec | | °C | °C | g/m³ | g/m³ |
| Farine blanche panifiable | 13,4 | 57,3 | | 300 - 1000 | **5,5** | 57 | St1 | 440 | 350 | 60 - 125 | 2500 - 4750 |

*Source : ANMF / INERIS, 2005*

### 4.2.3 Synthèse des résultats

**EMI :** A l'exception du gluten, tous les matériaux testés ont des EMI supérieures à 300 mJ. Cela signifie qu'ils possèdent une faible sensibilité aux sources d'ignition électrostatiques. Une mise à la terre des appareils métalliques est suffisante pour prévenir tout risque d'ignition électrostatique. L'échantillon de gluten testé est plus sensible aux sources d'ignition électrostatiques mais pas suffisamment pour que d'autres précautions soit nécessaires pour prévenir un risque d'ignition électrostatique.

Selon le type de décharge électrostatique, l'énergie développée est variable.

| Nature de la surface | Type de décharge électrostatique | Origine | Ordre de grandeur | Cas dans l'industrie |
|---|---|---|---|---|
| Surfaces isolantes | Décharge en aigrette | Matériaux isolés fortement chargés | 4 mJ | Manches filtrantes isolantes, silos en matière plastique |
| | Décharge « glissante » de surface | Surface d'une couche mince et isolante appliquée sur une surface d'un élément conducteur relié à la terre | 1 à 2 J | Canalisation métallique peinte ou revêtue d'une couche isolante |
| | Décharge de talus | Concentration du champ électrique par effet de pointe au sommet du talus de farine ou de pellets | > 100 mJ | Remplissage d'un silo par transporteur pneumatique, remplissage gravitaire des camions |
| Surfaces conductrices | Etincelle de décharge capacitive | Décharge entre deux conducteurs à des potentiels différents | > 100 mJ | Tuyauteries conductrices non mises à la terre |

*Source : ANMF, Tecaliman*

Il est a noté qu'en meunerie on retient uniquement les décharges de type glissantes de surface et de type étincelle de décharge capacitive.

**Kst et Pmax :** Tous les échantillons testés sont classés St1, ce qui signifie que les produits ont une violence d'explosion faible à modérée. Les échantillons de farine et d'issues de blé ont tous des valeurs de $K_{ST}$ inférieures à 100 bar.m.s$^{-1}$, ce qui indique qu'ils sont faiblement explosifs. La

farine thermisée a une valeur de $K_{ST}$ de 100 bar.m.s$^{-1}$ alors que la poussière de blé, la poussière de filtre de nettoyeur, de collecteur et le gluten ont des valeurs de $K_{ST}$ entre 100 bar.m.s$^{-1}$ et 146 bar.m.s$^{-1}$. La pression maximale d'explosion des farines est inférieure à 7,8 bar.

**TAI nuage :** Les TAI mesurées étaient toutes supérieures à 400°C, par conséquent le choix d'équipements de Classe de température T3 (température maximum de surface 200°C) ou mieux, garantira l'absence de tout risque d'inflammation de nuages de poussières à partir des surfaces chaudes dans l'environnement de travail. Lorsque les TAI dépassent 450°C, alors une classe de température T2 (température maximum de surface 300°C) sera acceptable.

Les surfaces chaudes présentes dans les entreprises, telles que les moteurs, les coffrets d'alimentation électrique, les câbles, les paliers de machines, les pièces en frottement, ont une température de l'ordre de 100°C.

A titre de comparaison, les flammes et étincelles, telles que cigarettes, soudure, meulage, dépassent 600°C.

**TAI couche :** A l'exception du gluten, toutes les TAI mesurées dans l'étude GAM 2002 dépassaient 450°C. Le Gluten a été mesuré avec une TAI de 390°C. La TAI en couche mesurée dans l'étude ANMF est un peu plus faible, à 350°C. Cependant, l'utilisation d'équipements de classe T3 ou mieux préviendra tout risque d'inflammation des poussières en couche à température ambiante, dans la mesure où celle-ci ne dépasse pas 5 mm d'épaisseur. Les températures d'inflammation en couche seront plus faibles pour des dépôts de poussières supérieurs à 5mm d'épaisseur ou à l'intérieur des équipements fonctionnant à des températures élevées.

**LIE :** Dans l'étude GAM 2002, la LIE a été mesurée uniquement pour la farine blanche panifiable et se révèle supérieure aux valeurs attendues, à 500-510 g/m$^3$, de même que l'échelle de concentration de 1250-1750 g/m$^3$ mesurée pour les cas d'explosions ayant le plus d'effets négatifs.

Dans l'étude ANMF 2005, la LIE a été estimée pour la farine entre 60 et 125 g/m$^3$, sachant que la mesure de la LIE selon la méthode normalisée (source d'inflammation plus faible) aurait conduit à des valeurs proches de celles de l'étude GAM 2002.

Ces résultats (GAM 2002 et ANMF 2005) confirment avec plus ou moins de précaution qu'un nuage de poussière de farine doit être très dense pour qu'il soit inflammable.

A titre d'illustration, pour un nuage de poussière, si un observateur, bras tendu, ne voit pas son pouce, la concentration de poussières est de l'ordre de 50 g/m$^3$. Un nuage de 100 g/m$^3$ est donc totalement opaque.

Dans un filtre d'aspiration basse pression en meunerie, étant donné les très importants volumes d'air mis en œuvre, la concentration de poussière présente dans le circuit d'aspiration n'est que très occasionnellement aux environs de la LIE minimale estimée (50 à 100 g/m$^3$), voir jamais à des valeurs supérieures. Par contre, immédiatement autour des manches en cour de dégommage, on retrouve des concentrations suffisantes (> à la LIE). Au delà des manches du filtre, l'air est pratiquement débarrassé de toute poussière (2 à 3 mg/m$^3$).

**LSE :** Dans l'étude ANMF 2005, la LSE de la farine a été estimée par extrapolation entre 2500 (réaliste) et 4750 g/m$^3$ (maximaliste)

La concentration de farine présente dans les transports pneumatiques d'un moulin est de l'ordre de 8 à 30 kg/m$^3$ pour le transport de produits finis (hors phase de démarrage et d'arrêt) et donc supérieures à la LSE.

**Classe de combustion :** Les classes de combustion indiquent pour les trois échantillons testés (farine blanche panifiable, thermisée et issues de blé) qu'à température ambiante ils ont une faible propension à se consumer et ne devraient donc pas propager l'inflammation à travers le process. Cependant, ces caractéristiques peuvent changer significativement si les matériaux sont manipulés à température élevée ou à faible humidité.

**Taille critique des cellules de stockage :** Une réaction exothermique avec emballement à une température proche de 270°C, obtenue par analyse différentielle, permet de considérer la farine comme moyennement réactive du point de vue de l'auto-échauffement.
La dimension critique d'une cellule de stockage de forme cylindrique (rayon) est de l'ordre de 45 m pour un stockage de farine à 40°C et de 6 m pour un stockage de farine à 70°C. (cf. annexe 3)

Pour mémoire, la dimension critique est de 100 m pour un stockage de blé à 30°C et de 20 m pour un stockage de blé à 70°C. Ces dimensions ne sont jamais atteintes en meunerie.

## 4.3 Conclusion

Les résultats des études d'inflammabilité et d'explosivité des produits de meunerie indiquent que hormis quelques produits spécifiques (farines thermisées, gluten) qui possèdent des caractéristiques plus sensibles aux risques d'explosion, les produits généralement utilisés ou fabriqués en meunerie présentent des caractéristiques qui limitent naturellement les risques d'auto-échauffement, d'incendie et d'explosion.

Dans la mesure où d'autres produits plus sensibles ne sont pas impliqués (Gluten, amidon,…), ces caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité peuvent être utilisées dans les calculs pour déterminer :

- le dimensionnement des évents d'explosion : on retiendra les valeurs de $K_{ST}$ farine et de Pmax farine respectivement de 53 à 100 bar.m/sec et 5,5 à 7,8 bar, à défaut d'analyses spécifiques dans l'entreprise.
- le choix des matériels générant des surfaces chaudes (moteurs,…) : on retiendra les valeurs minimales de TAI en nuage et de TAI en couche de la farine respectivement de 430 °C et de 350°C, ce qui conduit à préconiser l'utilisation de matériel de classe de température T3 (cf. chapitre 6.1.1.5). Dans la mesure où leur température n'excède pas 200°C, les surfaces chaudes en conditions ambiantes de travail ne devraient pas représenter une source d'inflammation si l'épaisseur de la couche de poussière est inférieure à 5mm.
- La taille critique des cellules de stockage de farine : on retiendra que le diamètre d'une cellule de stockage de farine ne doit pas dépasser 12 m si la farine est stockée à 70°C. Cela montre qu'il n'y a pas de risque d'autoéchauffement des farines stockées en meunerie sans une opération préalable spéciale d'étuvage ou l'introduction d'un point chaud (ex : lampe baladeuse). Il convient donc de surveiller le déroulement du process et le stockage des farines étuvées.
- L'énergie électrostatique maximale : on retiendra que la valeur minimale de l'EMI de la farine est supérieure à 300 mJ. Une mise à la terre des équipements et masses métalliques et la qualité antistatique des matériaux composites permettra d'éviter tout risque d'ignition électrostatique.
- Les zones dans lesquelles la concentration de poussières est explosive : on notera que la LIE de la farine est comprise entre 60 et 510 g/m$^3$, et que la LSE estimée de la farine est comprise entre 2 500 et 4 750 g/m$^3$. L'apparition d'un nuage de poussière atteignant ces concentrations a peu de chance de se produire à l'extérieur des équipements dans les conditions de travail normales en meunerie. On peut considérer que la concentration de poussières présente dans les filtres en meunerie est généralement inférieure à la LIE de la farine compte tenu du volume d'air important (hormis autour des manches lors des décolmatages automatiques). De plus, on considèrera que la concentration de poussières présente dans les transports pneumatiques de farine est supérieure à la LSE (hors phase de démarrage et d'arrêt), compte tenu du volume important de farine.

Ces deux derniers paramètres sont dépendants de l'humidité des farines et des conditions ambiantes.

# 5 Evaluation des risques en meunerie

Après avoir pris connaissance des potentiels de dangers auxquels peut être confrontée la meunerie, l'analyse de risques meunerie, développée ci-après se compose de trois parties :

- L'accidentologie qui permet de repositionner exactement l'industrie meunière vis-à-vis des accidents survenus dans le travail du grain,

- L'étude systémique des risques d'incidents sur les installations en terme de fréquence / gravité où l'importance des moyens techniques et/ou organisationnels et de leur suivi prend toute sa place,

- L'étude des scénarios d'accidents.

## 5.1 Etude Accidentologique et retour d'expérience

### 5.1.1 Déclaration d'accidents ou incidents et précurseurs d'incendie ou d'explosion

L'exploitant est tenu de déclarer dans les meilleurs délais à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents (incendies, explosions,…) survenus du fait du fonctionnement de l'installation.

Selon l'arrêté autorisation 2260, Tout événement susceptible de constituer un précurseur d'explosion ou d'incendie doit être consigné dans un registre tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Exemples d'événements précurseurs d'accidents à inscrire dans le registre :

- dysfonctionnement de l'asservissement entre manutention et aspiration (au démarrage de la manutention ou à l'arrêt de l'aspiration) ;
- apparition d'une source d'inflammation potentielle sur un équipement ;
- non respect des conditions prévues par un permis de feu ou intervention par point chaud sans permis de feu ;
- explosion ou départ de feu sans propagation ni conséquence ;
- intervention ayant entraîné un départ de feu ;
- échauffement sur un matériel électrique ou mécanique à une température supérieure aux paramètres pris en compte pour déterminer l'adéquation du matériel dans une zone potentiellement à atmosphère explosive ;
- dépassement de la consigne de température susceptible d'engendrer un auto-échauffement.

De plus, une fois le recueil et l'enregistrement de ces événements effectués, la nature et les causes des dysfonctionnements relevés doivent être analysées. Un bilan annuel en est fait.

Afin de capitaliser le retour d'expérience de l'industrie meunière concernant l'accidentologie, l'ANMF demande à ses adhérents de lui transmettre également ces informations.

### 5.1.2 Retour d'expérience du BARPI : constat d'accidents

La base de données ARIA du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles du Ministère de l'Environnement) consultable sur Internet (http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr) permet d'accéder à l'inventaire des accidents technologiques et industriels, et plus précisément à l'état des sinistres survenus dans une configuration industrielle particulière.

*L'activité de stockage de produits agroalimentaires* a connu des accidents industriels graves à la suite d'incendie et d'explosion ; la diversité des caractéristiques de ces stockages concourent d'ailleurs en partie à l'origine de ces accidents. On peut citer :

- l'explosion d'un des silos de la malterie de Moselle, au port céréalier de Metz le *18 octobre 1982* qui tua douze personnes et fit un blessé grave,
- l'explosion d'un silo à grains sur le plus important site de stockage de Belgique, le *7 avril 1993*, à Floriffoux en Wallonie qui tua 7 personnes et fit 4 blessés graves,
- l'explosion du silo portuaire de Blaye, le *20 août 1997* qui provoquera, elle aussi, la mort de 11 personnes,

En ce qui concerne la meunerie (code NAF 15.6 A) une recherche orientée entre le 1er janvier 1998 et le 31 décembre 2004 sur le BARPI avec les mots clefs « moulin » et/ou « minoterie » et/ou « meunerie » aboutit à 13 sinistres.

Parmi eux, 9 incendies sont recensés et 1 explosion. Deux autres sinistres ne concernent pas l'activité industrielle de meunerie (moulin fermé et stockage).

L'analyse de ces accidents met en évidence que la meunerie est plus particulièrement concernée par les incendies que par les explosions.

L'explosion avait pour origine une soudure dans le secteur de fabrication et a entraîné un blessé grave ainsi que des dommages matériel.

Les incendies, lorsque la cause a pu en être déterminée, sont très souvent lié à une défaillance matérielle (insuffisance de maintenance ou bourrage) : presse à granulés (pour 1 incendie), appareil à cylindre, filtre, refroidisseur (chacun responsable d'un incendie) ; ou électrique pour un autre incendie.

Ces incendies n'ont causés qu'une légère intoxication par les fumées, et pour 2 sinistres des dommages matériel et des pertes d'exploitations sont à déplorer.

*Remarque :*
*Aucune accidentologie étrangère sur les mêmes critères de recherche n'est trouvé dans le BARPI. En élargissant le champ de recherche à l'ensemble du code Naf 156, on trouve 12 sinistres dont 2 explosions qui peuvent être attribuées à la meunerie.*
*La première en Italie en 1999 a pour origine une lampe tombée dans un silo, et a blessé l'employé.*
*La seconde en Turquie a provoqué l'effondrement de l'usine et 9 morts et 10 blessés (c'est le seul cas recensé où des enfants, extérieur à l'entreprise, sont touchés)*
*Toute analyse d'accidentologie étrangère ne peut être pris en compte que si les dispositifs d'exploitation y sont connus et associés (ce qui n'est pas le cas ici), pour ne pas fausser l'étude probabiliste requise.*

### 5.1.3 Interprétation et retour d'expérience dans l'industrie meunière

Les sinistres souvent évoqués dans l'industrie céréalière s'expliquent par des caractéristiques spécifiques à ce type d'industrie qui sont :

- des volumes de stockage conséquents (souvent supérieur à 50 000 $m^3$) dédiés à une prise en charge pour de longues périodes,
- un travail des produits à haut débit de transfert (de 100 à 500 tonnes/heure),
- une gestion de la poussière comme matière première et non comme déchet,
- une présence, sur un même site, de plusieurs types de céréales, notamment les oléagineux, les produits amylacés,
- une fréquence importante dans la fabrication de produits amylacés, due à la déshydratation des produits (pour des raisons de conservation et/ou de transformation qui atteignent parfois des taux d'humidité très faibles voire nuls)

L'industrie de la meunerie présente des caractéristiques d'exploitation différentes, et par conséquent, se distingue aisément, en terme de fréquence et de gravité vis-à-vis des risques évoqués. Elle s'identifie en particulier par :

- des volumes de stockage fractionné, distinct, et de moindre volume (<15 000 $m^3$). En amont, le stockage des blés n'est que de 10 à 20 jours de production,
- des débits de transfert des produits homogènes, constants et faible (entre 20 et 40 t/h),
- un traitement industriel qui ne s'applique qu'à un produit unique : le blé avec pour seul but : la transformation du blé en farine. Pour ce faire, celui-ci doit répondre à des critères qualitatifs rigoureux (taux d'humidité, propreté…). L'élimination de la poussière est impérative et le nettoyage des blés est la 1ère nécessité. Il est directement intégré au process.
- une faible déshydratation de la farine, si elle est pratiquée, par comparaison à l'industrie céréalière (passage d'un taux de 14 à 12% d'humidité).

Ces différentes données peuvent expliquer que la meunerie recense beaucoup moins de sinistres que dans l'industrie céréalière.

Le retour d'expérience de l'industrie meunière, incluant les « presqu'accidents », et l'analyse BARPI sur une plus longue période montrent également que la meunerie est principalement sujette aux incendies.

Dans de nombreux cas, la cause est un défaut de maintenance du matériel (incluant les broyeurs à marteaux), la chute de lampe dans les silos ainsi que les opérations générant des étincelles (soudure, meulage …).

Compte tenu de leur modernisation et de leur mise sous aspiration, les transporteurs horizontaux et/ou verticaux ne font plus l'objet de sinistres comme cela a pu être rapporté il y a quelques dizaine d'années.

L'accident le plus marquant pour la profession reste l'explosion d'une cellule métallique de farine en Alsace en 1991, faisant un mort et deux blessés graves. Le salarié chargé de vérifier l'état de la cellule vide, aurait tenté de récupérer une lampe baladeuse tombée au fond. La remise en suspension de la farine collée aux parois et l'éclatement de l'ampoule pourrait avoir suffi à produire l'explosion.

### 5.1.4 Conclusion de l'accidentologie et du retour d'expérience

Si l'activité de stockage de produits agroalimentaires peut connaître des accidents industriels graves à la suite d'incendie et d'explosion, une consultation attentive de la base de données BARPI et des retours d'expériences en meunerie met en évidence que :

L'activité de meunerie est essentiellement concernée par des sinistres «incendie».
Etant donné l'importance de la ventilation et de l'aspiration en meunerie, la concentration minimale d'explosivité n'est pas atteinte la plupart du temps mais le débit d'air peut activer le feu.

Aucune référence d'accidents concernant les installations de stockage de blés avant transformation n'est faite. Par contre, à la suite probable de négligences organisationnelles, l'expérience meunière ne peut exclure tout risque d'explosion en particuliers sur les stockages farines.

Dès que les produits (farines) subissent une forte déshydratation pour des fabrications de produits amylacés, alors ils deviennent plus sensibles aux risques d'explosion.

Actuellement la profession a déjà tiré certains enseignements de ces sinistres, notamment par l'utilisation du permis de feu et le respect du planning de maintenance des appareils. Parallèlement, des mesures liées à la mise en place de l'HACCP ont également apportées des améliorations sécuritaires telles que les dispositifs d'éclairage antidéflagrants dans les cellules et la sécurisation du matériel.

## 5.2 Etude des incidents sur les installations en terme de fréquence / gravité

### 5.2.1 Principe général

Les objectifs de cette étude sont de :

- mettre en évidence les **risques ou dangers potentiels** présentés par les installations,
- les **hiérarchiser** en fonction de leur importance (en calculant leur criticité de 1 à 3),
- déterminer les **mesures de prévention ou de protection** permettant de réduire ou de maîtriser les risques (barrières techniques et organisationnelles).

Cette analyse est orientée sur les risques prioritaires et principaux : l'incendie et l'explosion de poussières. Elle porte sur l'installation en phase de fonctionnement continu dit normal. Les risques sont définis par rapport à des conditions de dysfonctionnement.

L'analyse se décompose en différentes étapes :

- la définition des éléments composant l'installation,
- la définition des déviations dangereuses (étude déterministe),
- la recherche des causes possibles pouvant entraîner ces déviations,
- les conséquences susceptibles de créer un incendie ou une explosion,
- les moyens de détection et de limitation des effets existants,
- la hiérarchisation des risques par l'évaluation de la criticité résultant de la gravité et de la probabilité d'occurrence du risque.

### 5.2.2 Notion de criticité

L'une des étapes de l'analyse des risques liés aux installations est la hiérarchisation des risques. Pour chaque déviation dangereuse identifiée, il est nécessaire de déterminer :

- l'importance des conséquences des déviations ou la gravité,
- la probabilité ou fréquence d'occurrence de la déviation.

Une grille de criticité a été définie selon les niveaux de probabilité et de gravité. Chacune des déviations dangereuses sera hiérarchisée au moyen de cette grille.

Les échelles définissant les niveaux de gravité et de fréquence ainsi que la grille de criticité figurent ci-après.

**Echelle de cotation de la gravité (G) :**

| Rep. | Niveau de gravité vis-à-vis du risque analysé | Impacts sur l'installation et/ou sur les personnels et/ou son environneme |
|---|---|---|
| 1 | Mineur | Pas ou peu de dégradation pour l'installation,<br>Pas de dommage physique pour les personnels,<br>Aucun impact significatif sur l'environnement de l'installation, |
| 2 | Majeur | Dommages faibles pour l'installation, réparation possible et aisée,<br>Dommage physique limité pour les personnels (non accidentel),<br>Impact limité et réversible sur l'environnement de l'installation, |
| 3 | Critique | Dommages importants pour l'installation, mais réparation possible<br>Conséquences graves mais réversibles sur la santé des personnels<br>Impact irréversible sur l'environnement immédiat de l'installation. |
| 4 | Catastrophique | Dommages matériels nécessitant un remplacement et/ou une intervention lourde<br>Mise en cause de la survie des personnes, risque létal<br>Impact irréversible sur l'environnement large de l'installation. Incidence sur l'extéri d'exploitation |

**Echelle de cotation de la fréquence (F) :**

| Rep. | Niveau de fréquence | Description |
|---|---|---|
| A | Extrêmement rare | Phénomène accidentel extrêmement rare mais vraisemblable vis-à-vis de l'étude l'accidentologie |
| B | Rare | Phénomène accidentel pouvant survenir 1 à 2 fois dans la vie de l'installation. |
| C | Occasionnel | Phénomène accidentel pouvant se présenter occasionnellement vis-à-vis d'un fon normal (plusieurs fois dans la vie de l'installation ou susceptible de 1 à 2 fois / an). |
| D | Fréquent | Phénomène accidentel pouvant survenir plusieurs fois, fréquemment, au cour du fonctionnement de l'installation (ou plus rarement durant une longue période). |

**Grille de criticité :**

| Fréquence/ Gravité | | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Extrêmemer | Rare | Occasion | Fréquer |
| 1 | Mineur | **1** | **1** | **1** | **2** |
| 2 | Majeur | **1** | **1** | **2** | **3** |
| 3 | Critique | **2** | **2** | **3** | **3** |
| 4 | Catastrophique | **3** | **3** | **3** | **3** |

Cette grille indique les zones de risques acceptables ou non.

Légende :

| | | |
|---|---|---|
| | **Risque inacceptable** | *Une ou plusieurs barrières techniques* |
| | *Risque à surveiller* | *Procédure ou surveillance automatique* |
| | Risque faible acceptable | *Procédure de suivi des systèmes* |

L'objectif est de réduire ou de renforcer la vigilance vis-à-vis des risques de criticité 2 et d'éliminer les risques de criticité 3 par la mise en place de mesures compensatoires.

### 5.2.3 Principe de mise en place de l'analyse de risques

#### *5.2.3.1 Constitution du groupe de travail*

Afin de mener à bien l'analyse de risques de l'établissement, il est important de constituer un groupe de travail pluridisciplinaire (maintenance, production,…) dans lequel est engagé la Direction. Celui-ci doit être encadré par une personne garantissant une analyse systématique et rigoureuse.

#### *5.2.3.2 Analyse de l'existant (1ère étape)*

Au préalable :

- Faire le point sur les potentiels de danger identifiés (cf. Chapitre 3),
- Identifier les cibles extérieures (voisinage potentiellement exposé aux conséquences d'un accident) (cf. Chapitre 3.1),
- Faire le point sur l'étude accidentologique et le retour d'expérience dans l'industrie meunière (cf. Chapitre 5.1).
- Recenser l'accidentologie du site, du plus grave (incendie, explosion, morts d'homme…) au moins grave (dysfonctionnements récurrents).

Avec l'appui des grilles pré-établies :

1 Identifier pour chaque atelier (silo blé, nettoyage, moulin…), les équipements (élévateurs, filtre sous caisson, matériels de nettoyage, de broyage…),

2 Regrouper sous la même rubrique, les équipements attachés à une même fonction, dans un même atelier qui répondent aux mêmes critères de sécurité (exemple : élévateur blé sales, élévateur blé mouillé…),

3 Reprendre systématiquement toutes les déviations dangereuses (analysées précédemment dans la partie 3 : Identification et caractérisation des Potentiels de Dangers) pour chaque équipement, dont l'analyse ATEX,[2]

4 Evaluer les causes possibles et les conséquences prévisibles,

5 Lister les barrières de sécurité (techniques et organisationnelles) déjà en place (cf. chapitre 6),

Ces éléments seront reportés dans le tableau suivant :

**1ère étape : analyse de l'existant**

| Bâtiment / Produit | Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place[3] | G1 | F1 | C1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

[2] Le démarrage d'installations non utilisées depuis plusieurs années ou utilisées ponctuellement peut présenter des risques spécifiques

[3] Cf. chapitre 6

A partir de cet état des lieux :

6 Evaluer la gravité G1 en fonction du tableau « échelle de cotation de la gravité », pour chacun de ces équipements (situation propre à chaque unité d'exploitation)

7 Evaluer la fréquence F1 en fonction du tableau « échelle de cotation de la fréquence » et de votre propre expérience (antériorité de la meunerie, spécificité du site, de l'exploitation…). La fréquence la plus faible doit être retenue dans le cas d'événements indépendants.

**Cas particulier de l'explosion :**

La détermination de la fréquence dans le cas particulier de l'explosion sera différente de celle des sources d'ignition et/ou de poussières… La fréquence $F1_{explosion}$ est le résultat de l'association de deux fréquences :

- la première est la fréquence la plus élevée des sources d'ignition possible (prendre en compte toutes les déviations dangereuses pouvant être à l'origine d'une source d'ignition électrique, mécanique…)
- la deuxième est celle correspondant à l'émission de poussières.

⇒ Parmi ces deux fréquences, nous retiendrons systématiquement la plus faible.

8 Déterminer la criticité (C1), grâce à l'association de la fréquence et de la gravité fixée précédemment au moyen du tableau «grille de criticité». On obtient ainsi une criticité qui peut être égale à 1, 2 ou 3.

Les criticités 2 (risque à surveiller) seront l'objet de mesures de surveillance « organisationnelles » conservatoires. Il peut-être aussi l'objet de mesure influant sur la diminution du risque (voir ci-dessous) ou sur l'automatisme de la surveillance (dispositif technique automatique).

Les criticités 3 (risque inacceptable) devront impérativement être l'objet de corrections.

Ces nouvelles mesures seront décrites dans la colonne « Dispositif de sécurité à mettre en place » de la 2ème étape du tableau d'analyse de risques.

#### *5.2.3.3 Proposition d'amélioration (2ème étape)*

- A partir des grilles de l'étape 1, reprendre impérativement les criticités 3 du tableau précédent, éventuellement les criticités 2.
- Analyser les raisons ayant influencée pour telle ou telle fréquence et/ou gravité, provoquant ainsi une criticité 3 (ou 2)
- Rechercher les dispositifs de sécurité à mettre en place. Des solutions techniques et/ou organisationnelles sont proposées au Chapitre 6 : Bonnes pratiques pour la réduction des risques en Meunerie.
- Réévaluer une gravité G2 en fonction du tableau « échelle de cotation de la gravité », pour chacun de ces équipements (nouvelle situation envisagée pour l'équipement)
- Réévaluer la fréquence F2 en fonction du tableau « échelle de cotation de la fréquence » et de l'expérience connue pour ce type d'amélioration.
- Déterminer la criticité C2 « hypothétique », suite à la ou aux mesure(s) prise(s).

Ces éléments sont reportés dans le tableau suivant :

### 2ème étape : Proposition d'amélioration

Toutes les cases grisées sont la reprise des éléments de la 1ère étape : analyse de l'existant.

| Bâti-ment / Produit | Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s) … | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place | G1 | F1 | C1 | Barrières de sécurité à mettre en place | G2 | F2 | C2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

### 5.2.4 Exemple d'analyse de risques (en l'absence de tout dispositif de sécurité = cas d'école)

Un exemple d'analyse de risques réalisée sur un élévateur à produits de mouture est présenté ci-dessous. Dans cet exemple, nous avons considéré dans la 1ère étape de l'analyse que l'élévateur ne disposait d'aucune barrière de sécurité (cas d'école). La 2ème étape propose des améliorations permettant de diminuer la criticité grâce à des barrières de sécurité en place.

Pour l'analyse d'autres matériels, on pourra s'inspirer de l'annexe 4, qui présente des exemples de barrières de sécurité possibles sur les matériels de meunerie.

*1ère étape : analyse de l'existant*

| Bâti-ment / Produit | Fonction / Appellation | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place | G | F | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moulin | **Elévateur à godets – Produits de la mouture (farine, poussières, remoulages, sons fins)** | ① Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | | **2** | **C** | **2** |
| | | ② Mauvaise tension, déport, rupture de sangle<br>Frottement de la bande | Usure,<br>Surcharge<br>Mauvaise tension de bande,<br>Déport de bande | Echauffement structurel<br>Feux de bandes | | **3** | **C** | **3** |
| | | ③ Frottements mécan. Godets/Bâti | Mauvaise tension de bande | Production d'étincelles | | **2** | **C** | **2** |
| | | ④ Emission de Poussières | Hauteur de chute des produits,<br>Bourrage | Création d'une ATmosphère Explosible (interne) | | **1** | **D** | **2** |
| | | Explosion | Conjonction du point ④ avec l'un des 3 premiers | Déchirures : jambes et/ou tête/pieds d'élévateur | | **3** | **C** | **3** |

Dans cet exemple, où l'on ne tient compte d'aucune barrière de sécurité, les risques de feux de bandes et d'explosion apparaissent en criticité 3. C'est un risque inacceptable qui doit faire l'objet de corrections.

*2ème étape : proposition d'amélioration*

| Bâti-ment / Produit | Fonction / Appellation | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place | G | F | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moulin | **Elévateur à godets – Produits de la mouture (farine, poussières, remoulages, sons fins)** | ① Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements sont reliés à la terre.<br>Les sangles sont conformes à la norme NF EN 20-284 (antistatique) afin de limiter l'accumulation de charges électrostatiques. | **1** | **A** | **1** |
| | | ② Mauvaise tension, déport, rupture de sangle<br>Frottement de la bande | Usure,<br>Surcharge<br>Mauvaise tension de bande,<br>Déport de bande | Echauffement structurel<br>Feux de bandes | Les élévateurs sont équipés de contrôleurs de rotation, asservis au fonctionnement de l'installation.<br>Les sangles sont résistantes à la flamme afin de limiter la propagation du feu (conforme à la norme NF EN 20-340). | **2** | **A** | **1** |
| | | ③ Frottements mécan. Godets/Bâti | Mauvaise tension de bande | Production d'étincelles | Les matériaux de constitution des godets sont non-étincelants (polymère ou fer doux…) | **1** | **A** | **1** |
| | | ④ Emission de Poussières | Hauteur de chute des produits,<br>Bourrage | Création d'une ATmosphère Explosible (interne) | Les jetées des élévateurs sont capotées. Elles sont étanches et/ou munies de dispositifs d'aspiration. La marche des élévateurs est asservie à la marche du système d'aspiration. Faible débit. | **1** | **B** | **1** |
| | | Explosion | Conjonction du point ④ avec l'un des 3 premiers | Déchirures : jambes et/ou tête/pieds d'élévateur | | **3** | **A** | **2** |

### 5.2.5 Exemple d'analyse de risques de criticité 2 :

*1ère étape : Analyse de l'existant d'un moulin concernant le matériel de nettoyage*

| Bâti-ment / Produit | Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place | G 1 | F 1 | C 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bâtiment Moulin / Zone nettoyage | Matériel de Nettoyage (Brosse, Epierreurs, cyclone, nettoyeur séparateur, mouilleur, bascule…) | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | | 2 | C | 2 |
| | | ②<br>Absence de graissage,<br>Echauff[ement] mécanique,<br>Usure non maîtrisée,<br>Frott[ements] mécaniques | Absence de programme de maintenance et de suivi des équipements | Echauffement structurel | Les organes mécaniques mobiles sont protégés contre la pénétration des poussières et convenablement lubrifiés.<br>Ils sont disposés à l'extérieur des installations qu'ils entraînent et sont périodiquement contrôlés.<br>Un programme de maintenance préventive est en place. | 2 | B | 1 |
| | | ③<br>Bris / rupture de pièce | Absence de programme de maintenance | Production d'étincelles | Un programme de maintenance préventive sur les équipements est en place.<br>Les opérateurs de fabrication suivent en permanence le matériel.<br>Des magnétiques sont en place avant les épierreurs et les brosses. | 2 | A | 1 |
| | | ④<br>Surcharge de puissance | Absence de contrôle de puissance | Echauffement électrique (moteurs, etc.…) | L'ensemble des installations est protégé par des Contacteurs / Disjoncteurs / Fusibles. Ils agissent automatiquement en cas de surintensité.<br>Thermographie infrarouge et contrôle annuel par un organisme compétent. | 2 | A | 1 |
| | | ⑤<br>Défaut/perte de rendement de l'aspiration | Arrêt ou colmatage du système d'aspiration | Création d'une ATmosphère EXplosible | | 2 | C | 2 |
| | | Explosion | Conjonction du point ⑤ avec l'un des 4 premiers | Déchirures de l'enveloppe du matériel | Nombreuses ouvertures et panneaux d'accès offrant une faible résistance. | 2 | C | 2 |

L'analyse du matériel de nettoyage dans la zone du moulin a permis de mettre en évidence des manquements dans le système de sécurité notamment au niveau du problème lié à l'électricité statique et à l'aspiration. Ces deux « faiblesses » associées, augmentent le risque d'explosion. Il est possible de diminuer ce risque par des barrières de sécurité techniques et /ou organisationnelles. C'est l'objet de la 2ème étape.

*2ème étape : proposition d'amélioration*

| **Bâti-ment** | **Types d'appareils** | **Déviation(s) Dangereuse(s)…** | **Causes possibles** | **Conséquences prévisibles** | **Barrières de sécurité en place**<br>**Barrières de sécurité à mettre en place** | **G 2** | **F 2** | **C 2** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bâtiment Moulin / Zone nettoyage | Matériel de Nettoyage (Brosse, Epierreurs, cyclone, nettoyeur séparateur, mouilleur, bascule…) | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | **Mettre à la terre les équipements, appareils et masses métalliques ou faire contrôler les installations (s'assurer que la résistance de fuite entre les parties conductrices est < $10^6$ ohms) par un organisme compétent, qui donnera lieu à un rapport** | **1** | **A** | **1** |
| | | ②<br>Absence de graissage,<br>Echauffement mécanique,<br>Usure non maîtrisée,<br>Frottements mécaniques | Absence de programme de maintenance et de suivi des équipements | Echauffement structurel | *Les organes mécaniques mobiles sont protégés contre la pénétration des poussières et convenablement lubrifiés.*<br>*Ils sont disposés à l'extérieur des installations qu'ils entraînent et sont périodiquement contrôlés.*<br>*Un programme de maintenance préventive est en place.* | **2** | **B** | **1** |
| | | ③<br>Bris / rupture de pièce | Absence de programme de maintenance | Production d'étincelles | *Un programme de maintenance préventive sur les équipements est en place.*<br>*Les opérateurs de fabrication suivent en permanence le matériel.*<br>*Des magnétiques sont en place avant les épierreurs et les brosses.* | **2** | **A** | **1** |
| | | ④<br>Surcharge de puissance | Absence de contrôle de puissance | Echauffement électrique (moteurs, etc.…) | *L'ensemble des installations est protégé par des Contacteurs / Disjoncteurs / Fusibles. Ils agissent automatiquement en cas de surintensité.*<br>*Thermographie infrarouge et contrôle annuel par un organisme compétent.* | **2** | **A** | **1** |
| | | ⑤<br>Défaut/perte de rendement de l'aspiration | Arrêt ou colmatage du système d'aspiration | Création d'une ATmosphère EXplosible | **Asservir la marche des équipements à la marche des ventilateurs de dépoussiérage.**<br>**Mettre en place une maintenance systématique des équipements (Nettoyage des manches, système d'aspiration…)** | **2** | **B** | **1** |
| | | Explosion | Conjonction du point ⑤ avec l'un des 4 premiers | Déchirures de l'enveloppe du matériel | Nombreuses ouvertures et panneaux d'accès offrant une faible résistance. | **2** | **B** | **1** |

### 5.2.6 Exemple d'analyse de risques de criticité 3

*1ère étape : Analyse de l'existant des cellules d'un silo blé sales*

| Bâti-ment / Produit | Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place | G 1 | F 1 | C 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SILO BLES SALE | Cellules | ①<br>Décharge d'électricité statique | Défaut de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements, appareils et masses métalliques sont mis à la terre. Un rapport annuel est effectué par un organisme compétent. | 1 | A | 1 |
| | | ②<br>Electricité | | Source d'ignition | Les installations électriques sont inexistantes | 1 | A | 1 |
| | | ③<br>Flamme vive | Intervention extérieure (maintenance, entreprise, etc….) | Incendie et/ou explosion | Consignes d'interdiction de fumer<br>Permis de feu / permis d'intervention<br>Plan de prévention pour les entreprises extérieures | 3 | A | 2 |
| | | ④<br>Fermentation du blé (uniquement en phase de stockage) | Forte humidité (> à 15 %) du blé ou perte d'étanchéité du silo | Auto-Inflammation,<br>Dégagement de gaz combustible | Silo étanche<br>Réception des blés inférieurs à 15 % d'H2O,<br>Transilage régulier,<br>Temps de stockage réduit… | 2 | A | 1 |
| | | ⑤<br>Emission de Poussières (uniquement en phase de remplissage) | Hauteur de chute des produits | Création d'une ATEX (environnante) | Les trappes des cellules, trémies, sont étanches<br>La cellule est en aspiration au cours de son chargement par l'intermédiaire des moyens de manutention | 2 | B | 1 |
| | | Explosion<br>Cellules | Conjonction du 5ème point avec l'un des 4 premiers | Désordre graves, destruction partielle | | 4 | A | 3 |

Dans cet exemple, le risque « explosion » apparaît en criticité 3. C'est un risque inacceptable qui doit faire l'objet de corrections.

*2ème étape : proposition d'amélioration*

| Bâti-ment / Produit | Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Barrières de sécurité en place<br>Barrières de sécurité à mettre en place | G 2 | F 2 | C 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SILO BLES SALE | Cellules | ①<br>Décharge d'électricité statique | Défaut de mise à la terre | Source d'ignition faible | *Les équipements, appareils et masses métalliques sont mis à la terre. Un rapport annuel est effectué par un organisme compétent.* | 1 | A | 1 |
| | | ②<br>Electricité | | Source d'ignition | *Les installations électriques sont inexistantes* | 1 | A | 1 |
| | | ③<br>Flamme vive | Intervention extérieure (maintenance, entreprise, etc.…) | Incendie et/ou explosion | Consignes d'interdiction de fumer,<br>Permis de feu / permis d'intervention<br>Plan de prévention pour les entreprises extérieures | 3 | A | 2 |
| | | ④<br>Fermentation du blé (uniquement en phase de stockage) | Forte humidité (> à 15 %) du blé ou perte d'étanchéité du silo | Auto-Inflammation,<br>Dégagement de gaz combustible | *Silo étanche*<br>*Réception des blés inférieurs à 15 % d'H2O,*<br>*Transilage régulier,*<br>*Temps de stockage réduit…* | 2 | A | 1 |
| | | ⑤<br>Emission de Poussières (uniquement en phase de remplissage) | Hauteur de chute des produits | Création d'une ATEX (environnante) | *Les trappes des cellules, trémies, sont étanches*<br>*La cellule est en aspiration au cours de son chargement par l'intermédiaire des moyens de manutention* | 2 | B | 1 |
| | | Explosion<br>Cellules | Conjonction du 5ème point avec l'un des 4 premiers | Désordre graves, destruction partielle | Mise en place d'évents d'explosion | 2 | A | 1 |

### 5.2.7 Conclusion de l'analyse de risques :

A l'issue de l'analyse de risques menée sur chaque équipement selon la méthode précédemment décrite, il faudra s'attacher à :

rendre acceptable les risques inacceptables,

replacer l'analyse de risques dans le contexte de l'installation et de son environnement,

étudier les scénarios d'accidents pour les déviations dangereuses de criticité 2 ou 3.

## 5.3 Etude des scénarios d'accidents

### 5.3.1 Introduction

L'analyse des risques développée suivant 3 thèmes majeurs :

- l'étude du retour d'expérience,
- l'étude systématique de tous les équipements en terme de probabilité / fréquence vis-à-vis d'incidents vraisemblables,
- l'étude de la délimitation des zones susceptibles de présenter une atmosphère explosible

met en évidence dans le domaine de la meunerie :

- une prédominance d'accidents de type incendie et plus rarement d'accidents de type explosion (retour d'expérience),
- les zones susceptibles de présenter une atmosphère explosible en fonctionnement normal, en dysfonctionnement ou en fonctionnement dégradé, et donc de générer une éventuelle explosion primaire et/ou secondaire.
- plus particulièrement les équipements qui présentent des « risques à surveiller » (analyse probabiliste),
- les évènements, bien qu'extrêmement rares, qui peuvent générer une situation « catastrophique » pour l'environnement (analyse probabiliste),

A partir de cette analyse, le développement d'incidents plausibles est réalisable.

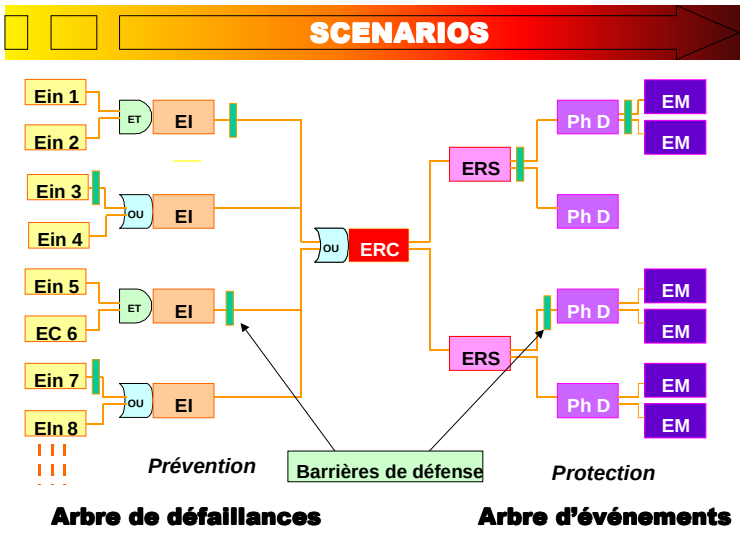
Ces incidents, même s'ils peuvent s'avérer extrêmement rare, trouvent leur origine au cours d'une défaillance d'une, voire de plusieurs, barrières de sécurité (techniques et organisationnelles) (cf. chapitres 5.2.3 et 5.2.4).

Dans cette situation, ils peuvent générer des scénarios d'accidents.

### 5.3.2 Méthode des arbres logiques ou nœuds papillon

Les scénarios d'explosion de poussières peuvent être représentés selon une méthode arborescente telle que celle du ***nœud papillon***, *combinaison d'un arbre de défaillances et d'un arbre d'évènements*, proposée dans le ***« guide de l'état de l'art sur les silos », établi par le MEDAD.***

Cette représentation permet d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action des barrières de sécurité (ou barrières de défense) sur le déroulement de l'accident, comme le montre l'exemple ci-après. Ces barrières peuvent être techniques ou organisationnelles.




*Légende :*

*Ein : Evènement Indésirable*

*EC : Evènement Courant*

*EI : Evènement Initiateur*

*ERC :Evènement Redouté Central*

*ERS : Evènement Redouté Secondaire*

*Ph D : Phénomène Dangereux*

*EM : Effets Majeurs*

Chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine (évènements indésirables ou courant) jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des cibles (effets majeurs) désigne un scénario d'accident particulier pour un même événement redouté (incendie ou explosion).

### 5.3.3 Analyse de la méthode

L'analyse de risques a permis de hiérarchiser le matériel dans une situation figée. La méthodologie des nœuds papillons permet de replacer ce matériel dans une situation donnée et de le faire « évoluer » dans son environnement par rapport à un évènement redouté (incendie ou explosion).

Il faut visualiser le nœud papillon en deux parties :

- La partie de gauche, qui reprend exactement l'analyse de risques (déviations dangereuses). Les évènements (rectangles) sont liés entre eux par des probabilités (traits). Cette méthode permet de placer un équipement dans son contexte et de développer les risques pouvant survenir (incendie, explosion). Sur chaque probabilité se trouvent des barrières de sécurité, qui sont en fait toutes les mesures techniques et/ou organisationnelles décrites dans la colonne « Barrières de sécurité en place » de l'analyse de risques

- La partie de droite prolonge le raisonnement en replaçant le matériel dans un premier temps dans le local contenant l'équipement. Puis on prolonge la situation au local contigu. Dans cette partie, l'objectif est d'examiner les effets dominos et d'évaluer l'efficacité des barrières de sécurité (permettant de réduire fortement la probabilité d'apparition des phénomènes dangereux et de leurs effets).

### 5.3.4 Mode d'emploi

**Seules les phases critiques (déviations dangereuses de criticité 2 et 3) génèrent une analyse de scénarios suivant la méthode du nœud papillon.**

1. Définir l'équipement, le local contenant l'équipement et le ou les locaux contigus

2. Reprendre tous les équipements spécifiquement concernés par l'analyse de risques établie précédemment et ayant généré une criticité 2 ou 3, à l'issue de l'étape 1 de l'analyse de risque (analyse de l'existant : chapitre 5.2.3.2) (exemple : élévateur à blé n° X, tour du silo…, broyeur à poussières, référence YZ)

3. Disposer les **barrières de sécurité existantes (par exemple n°1 à 16)** pour chaque déviation dangereuse. Il s'agit des barrières techniques ou organisationnelles agissant en prévention de l'événement redouté (incendie ou explosion) (cf. chapitre 6).

| | **Prévention des sources d'ignition (étincelle, flamme, échauffement)** |
|---|---|
| **1** | Mise à la terre des équipements |
| **2** | Matériaux anti-statiques ou conducteurs |
| **3** | Capotage des organes mécaniques mobiles |
| **4** | Organes mécaniques mobiles à l'extérieur des équipements |
| **5** | Programme de maintenance préventive et curative |
| **6** | Protection par disjoncteurs/magnétothermiques sur moteurs |
| **7** | Contrôle périodique des installations électriques |
| **8** | Thermographie infra-rouge des armoires électriques |
| **12** | Permis de feu et plan d'intervention |
| **13** | Formation du personnel |
| **14** | Interdiction de fumer |
| **15** | Dispositifs de détection d'incident sur l'équipement + asservissement à la marche |

| | **Prévention des atmosphères explosives** |
|---|---|
| **9** | Dispositif d'aspiration de Poussière (Filtre et ventilateur d'aspiration) |
| **10** | Procédure de suivi et de contrôle des dispositifs d'aspiration de poussière |
| **11** | Asservissement aspiration/marche des équipements de manutention |
| **16** | Procédures de nettoyage |

4. Evaluer le niveau de probabilité (évènements probable, improbable ou extrêmement improbable) du développement d'un incendie

5. Evaluer si l'équipement concerné par cette situation (triangle du feu) l'est aussi par la délimitation des zones à atmosphères explosibles ou non. Si c'est le cas, cela nous amène à l'hexagone de l'explosion

6. Disposer ensuite les **barrières de sécurité existantes (par exemple n°17 à 19)**. Il s'agit des barrières techniques agissant en protection contre l'explosion et ses effets (cf. chapitre 6).

| | **Protection contre l'explosion** |
|---|---|
| **17** | Event de décharge sur l'équipement |
| **18** | Cloisons et portes résistantes assurant le découplage des volumes |
| **19** | Surfaces fragiles assurant la décharge de l'explosion du volume vers l'extérieur |

Dans le cas d'une étude spécifique de scénarios d'incendie, on disposera les barrières de protection contre l'incendie.

Selon ces barrières, les cas seront différents. Il faut se poser les questions suivantes :

- L'équipement concerné est-il équipé d'un évent de décharge* ?

- Le local dans lequel se trouve l'équipement présente-t-il un risque de présence d'atmosphère explosible (dont zonage ATEX) ?

  - La réponse à ces deux questions est lié par une fonction «et». Si une des réponses est positive, le risque d'explosion secondaire est supprimé.

  - Si la réponse à l'une de ces deux questions est non, l'explosion secondaire dans le local peut avoir lieu et peut continuer à se propager

- Le volume dans lequel a lieu l'explosion secondaire est-il découplé, c'est-à-dire isoler des autres volumes par des cloisons et portes résistantes ?

  - Si oui, la propagation du front de flamme n'atteindra pas les volumes voisins

  - Si non, le front de flamme continuera à se propager et pourra causer la ruine des installations et provoquer des projections de débris

- Le volume dans lequel a lieu l'explosion secondaire est-il équipé de surfaces fragiles assurant la décharge de l'explosion vers l'extérieur ?

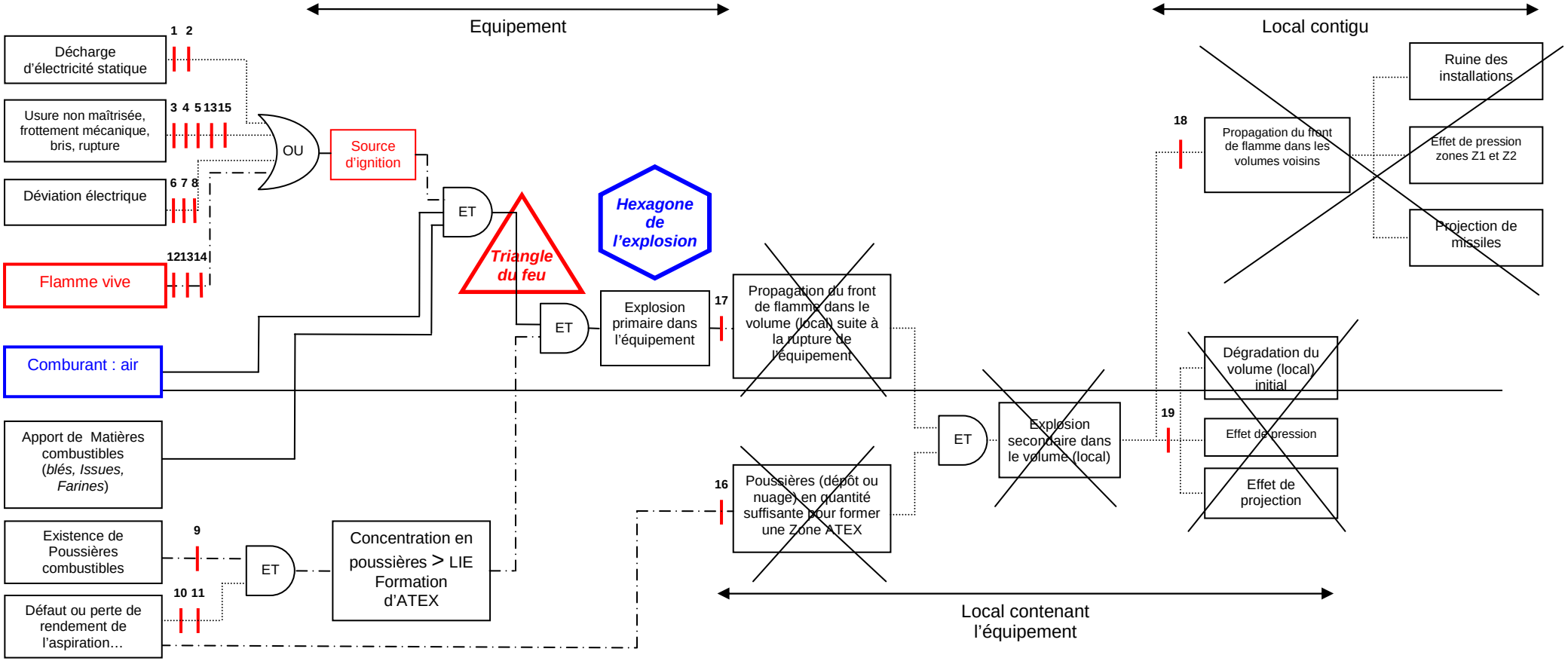
  - Si oui, le local ne sera pas endommagé

  - Si non, le local sera dégradé.

7. Quantifier et hiérarchiser les scénarios en terme de probabilité, de gravité et de cinétique, selon les mêmes méthodes que la quantification des potentiels de dangers citées au paragraphe 3.5.4. Les conséquences de ces scénarios peuvent être matérialisées sur un schéma représentant les distances d'effets en fonction des seuils de référence (sur les structures et sur l'homme) définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005. (cf. chapitre 5.3.7) La quantification des phénomènes dangereux peut être réalisée avec et sans les barrières de protection et doit permettre d'aboutir à un niveau de risque résiduel acceptable.

*Rappel : un dispositif d'évent, canalisant l'explosion vers l'extérieur, limite sa propagation. Au contraire, un volume rigide et communicant avec d'autres volumes favorise le développement des explosions successives.

### 5.3.5 Cas général de scénario d'explosion de poussières




LISTE DES BARRIERES DE SECURITE

| | |
|---|---|
| 1 | Mise à la terre des équipements |
| 2 | Matériaux anti-statiques ou conducteurs |
| 3 | Capotage des organes mécaniques mobiles |
| 4 | Organes mécaniques mobiles à l'extérieur des équipements qu'ils entraînent |
| 5 | Programme de maintenance préventive et curative |
| 6 | Protection par disjoncteurs/magnétothermiques sur moteurs |
| 7 | Contrôle périodique des installations électriques |
| 8 | Thermographie infra-rouge des armoires électriques |
| 9 | Dispositif d'aspiration de Poussière (Filtre et ventilateur d'aspiration) |
| 10 | Procédure de suivi et de contrôle des dispositifs d'aspiration de poussière |

| | |
|---|---|
| 11 | Asservissement aspiration/marche des équipements de manutention |
| 12 | Permis de feu et plan d'intervention |
| 13 | Formation du personnel |
| 14 | Interdiction de fumer |
| 15 | Dispositifs de détection d'incident sur l'équipement + asservissement à la marche |
| 16 | Procédures de nettoyage |
| 17 | Event de décharge sur l'équipement |
| 18 | Cloisons et portes résistantes assurant le découplage des volumes |
| 19 | Surfaces fragiles assurant la décharge de l'explosion du volume vers l'extérieur |

TYPES D'EVENEMENTS (Classe de probabilité)

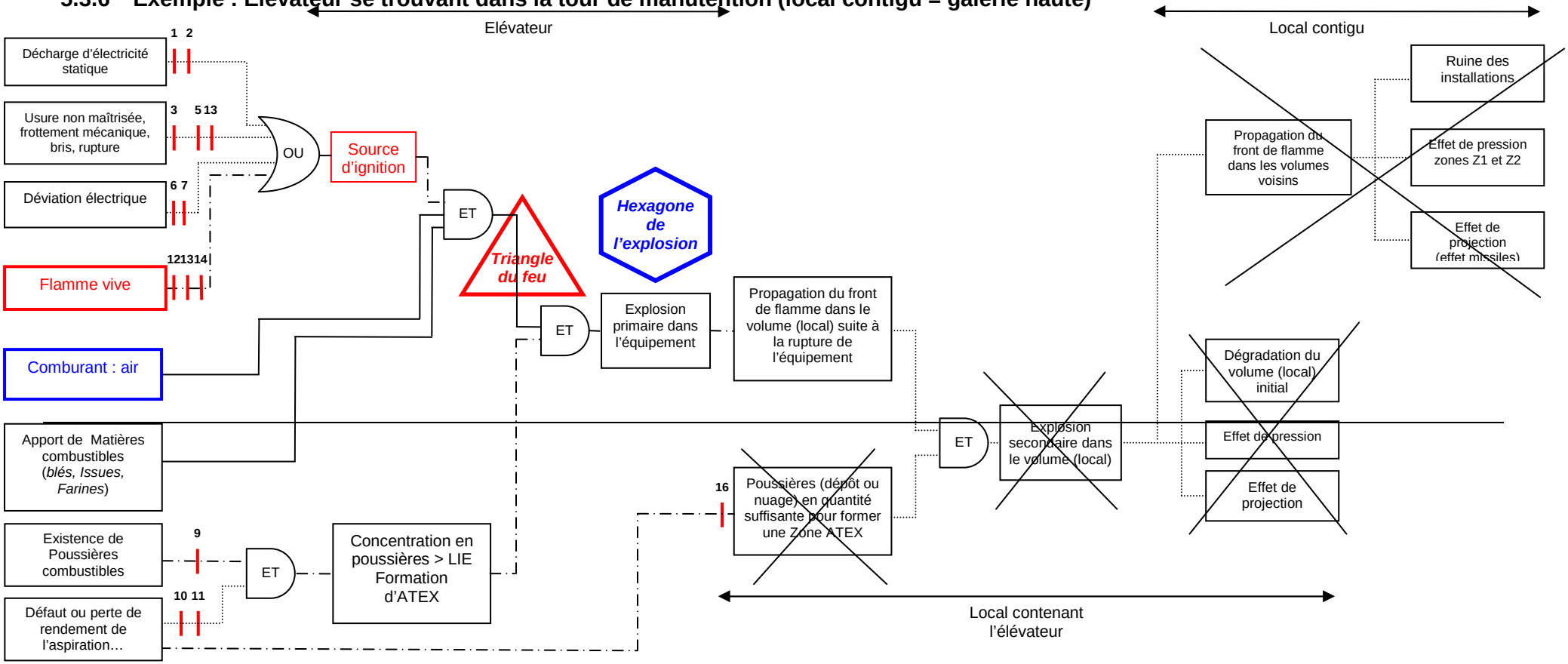
Evènement probable (B)

Evènement improbable (C)

Evènement très improbable (D)

Situation extrêmement peu probable (E)

### 5.3.6 Exemple : Elévateur se trouvant dans la tour de manutention (local contigu = galerie haute)




LISTE DES BARRIERES DE SECURITE

| | |
|---|---|
| **1** | Mise à la terre des équipements |
| **2** | Matériaux anti-statiques ou conducteurs |
| **3** | Capotage des organes mécaniques mobiles |
| | |
| **5** | Programme de maintenance préventive et curative |
| **6** | Protection par disjoncteurs/magnétothermiques sur moteurs |
| **7** | Contrôle périodique des installations électriques |
| | |
| **9** | Dispositif d'aspiration de Poussière (Filtre et ventilateur d'aspiration) |
| **10** | Procédure de suivi et de contrôle des dispositifs d'aspiration de poussière |

| | |
|---|---|
| **11** | Asservissement aspiration/marche des équipements de manutention |
| **12** | Permis de feu et plan d'intervention |
| **13** | Formation du personnel |
| **14** | Interdiction de fumer |
| | |
| **16** | Procédures de nettoyage |

TYPES D'EVENEMENTS (Classe de probabilité)

- Evènement probable (B)
- Evènement improbable (C)
- Evènement très improbable (D)
- Situation extrêmement peu probable (E)

### 5.3.7 Quantification et hiérarchisation des scénarios d'accidents

Les scénarios retenus sont évalués conformément à l'arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

L'analyse préliminaire des risques sur les équipements (cf. chapitre 5.2) a été évaluée selon une méthodologie spécifique et adaptée aux risques liés aux installations de stockage et de manutention des produits.

Les niveaux d'occurrence (probabilité) et de gravité d'un événement peuvent être notés selon 5 échelons (du plus faible au plus important).

#### *5.3.7.1 Evaluation de la probabilité :*

Les **niveaux d'occurrence** sont déterminés selon les critères qualitatifs ou quantitatifs suivants :

| Classe de Probabilité | Niveau d'occurrence | Critères qualitatifs | Critère quantitatif |
|---|---|---|---|
| E | *Evénement possible mais extrêmement peu probable* | n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations. | $<10^{-5}$ |
| D | *Evénement très improbable* | s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. | $[10^{-4}\text{-}10^{-5}]$ |
| C | *Evénement improbable* | un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité. | $[10^{-3}\text{-}10^{-4}]$ |
| B | *Evénement probable* | s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation. | $[10^{-2}\text{-}10\text{-}^{3}]$ |
| A | *Evénement courant* | s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives. | $> 10^{-2}$ |

La détermination des probabilités sera principalement basée sur des critères qualitatifs appréciés grâce au retour d'expérience (accidentologie en meunerie). On peut toutefois fixer une échelle quantitative permettant d'ajuster les critères qualitatifs.

Il est à noter que la fréquence d'occurrence du phénomène dangereux est à distinguer de la probabilité des accidents potentiels (plus faible) : en effet, la probabilité d'atteindre les cibles extérieures est inférieure à la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux. A titre conservatoire, pour des phénomènes dangereux à cinétique très rapide comme les explosions, on conservera la fréquence d'occurrence du phénomène dangereux comme probabilité d'accident.

#### *5.3.7.2 Evaluation de la gravité :*

Les **effets permettant d'apprécier les conséquences** sont déterminés selon les critères suivants :

| | NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs ($Z_0$) | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux ($Z_1$) | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine ($Z_2$) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Modéré** | Pas de zone de létalité hors de l'établissement | Pas de zone de létalité hors de l'établissement | Au plus 1 personne exposée[4]. |
| **2** | **Sérieux** | Aucune personne exposée. | Au plus 1 personne exposée. | Entre 1 et 10 personnes exposées. |
| **3** | **Important** | Au plus 1 personne exposée. | Entre 1 et 10 personnes exposées. | Entre 10 et 100 personnes exposées. |
| **4** | **Catastrophique** | Moins de 10 personnes exposées. | Entre 10 et 100 personnes. | Entre 100 et 1 000 personnes exposées. |
| **5** | **Désastreux** | Plus de 10 personnes exposées. | Plus de 100 personnes exposées. | Plus de 1 000 personnes exposées. |

La délimitation des zones d'effets sur l'homme est issue de la quantification des scénarios d'accident, qui peut être réalisée selon plusieurs méthodes dont celle proposée au chapitre 3.5.4 à partir des seuils définis dans l'arrêté du 29/09/05 et présentés au chapitre 3.5.1.2.

La réglementation exige de considérer l'accident le plus pénalisant en terme de gravité, puisqu'il est impossible de connaître les conditions de l'environnement (moment de la semaine, mois de l'année, etc.) le jour où un accident se produira. Ce dernier doit donc apparaître dans l'étude de dangers quelle que soit la méthodologie utilisée.

Forfaitairement, le nombre de personnes potentiellement exposées aux accidents décrits peut être estimé en utilisant les facteurs ci-dessous :

| | |
|---|---|
| Rural : habitat très peu dense | 20 personnes/hectare |
| Semi-rural | 40-50 personnes/hectare |
| Urbain | 400-600 personnes/hectare |
| Urbain dense | 1000 personnes/hectare |

Toutefois, il est indispensable d'ajouter à ces chiffres la contribution des voies de communication (automobiles, ferroviaires, navigables, les chemins et les voies piétonnes) ainsi que celle des zones d'activités.

#### *5.3.7.3 Exemple de tableau de hiérarchisation des scénarios d'accidents :*

| | **Niveau d'occurrence** | **Gravité** | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Classe de Probabilité** | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs ($Z_0$) | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux ($Z_1$) | ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine ($Z_2$) |
| Scénario explosion tour de manutention blé | D | - | **2** | **1** |

La mise en place des moyens de prévention et de protection doit permettre de réduire considérablement le risque résiduel pour les tiers qui doit pouvoir être considéré comme acceptable en l'absence de périmètres de sécurité en dehors du site.

[4] Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

### 5.3.8 Cinétique du déroulement des scénarios d'accidents

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de **lente**, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

Par opposition, une cinétique est qualifiée de **rapide** si elle ne permet pas la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

**Méthode proposée :**

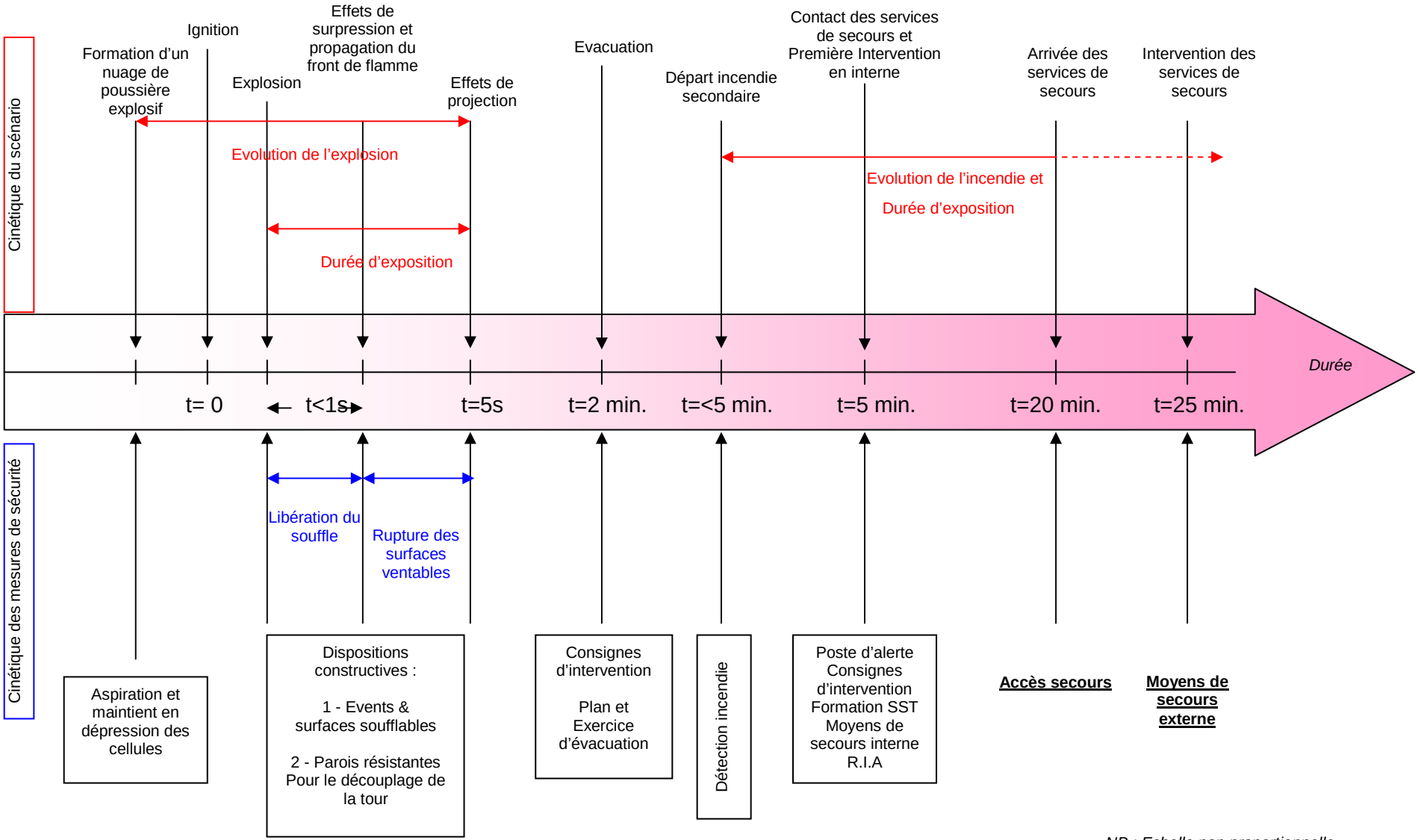
- La cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux et la durée d'exposition aux effets correspondants est estimée principalement à l'aide de l'accidentologie.
- Pour chacun des scénarios majeurs identifiés dans l'analyse des risques on listera les mesures de sécurité susceptibles d'agir sur la cinétique du scénario d'accident.
- Pour chaque mesure de sécurité on estimera son délai de réponse ce qui conduira à l'appréciation de la cinétique des mesures de sécurité.
- Le résultat de cette analyse pourra être représenté sous forme de chronogramme pour permettre de visualiser l'adéquation entre la cinétique de mise en œuvre des mesures de sécurité et la cinétique de chaque scénario pouvant mener à un accident. Les données temporelles et estimations de durée restent toutefois approximatives afin de déterminer l'adéquation avec les moyens de protection (cf. exemple).

A l'issue de cette étape on pourra déterminer la cinétique des scénarios d'accidents de lente ou rapide par rapport au contexte pour chacun des scénarios.

De façon générale, les scénarios d'explosions peuvent être qualifiés de **rapides**. On peut toutefois déterminer qu'il résultera d'une explosion primaire ou secondaire un risque de départ d'incendie secondaire dont la cinétique pourra être considérée comme **lente**.

De même, on peut estimer qu'un scénario relatif à l'effondrement d'une cellule aurait en cas de rupture une cinétique **rapide**.

**Exemple : Chronogramme représentant la cinétique d'un scénario d'explosion (cellule, galerie, etc)**




*NB : Echelle non proportionnelle*

### 5.3.9 Conclusion de l'étude des scénarios d'accidents :

L'étude des scénarios d'accidents doit mener à :

- identifier les lacunes existantes en terme de maîtrise des risques d'incendie et d'explosion dans l'installation,
- mettre en place les barrières techniques et organisationnelles nécessaires afin de ramener les risques d'accident à des niveaux de maîtrise acceptables : le chapitre 6 détaille les bonnes pratiques pouvant être mise en œuvre en meunerie,
- la hiérarchisation des scénarios, qui doit permettre de définir les actions à mettre en œuvre en priorité.

## 5.4 Conclusion de l'évaluation des risques en Meunerie

L'évaluation des risques, qui s'est appuyée sur l'accidentologie et l'analyse préalable des risques au niveau des équipements a permis d'étudier les différents scénarios d'accidents possibles et leurs conséquences en terme d'impact sur l'environnement de l'installation.

La quantification des scénarios en terme de distances d'effets doit être représentée sur un plan d'ensemble du site de l'installation.

# 6 Bonnes pratiques pour la réduction des risques en meunerie

Cette partie présente les barrières techniques et organisationnelles préconisées en meunerie pour réduire les potentiels de dangers identifiés, notamment en terme de :

- Bonnes pratiques de prévention des risques,
- Et de bonnes pratiques de protection, en cas de survenance des risques.

Après une présentation générale, des propositions de mesures applicables au process meunier sont citées (indiquées par une flèche).

Les exploitants pourront utiliser ces propositions comme une boîte à outils pour réduire les risques identifiés.

Les barrières de sécurité citées au paragraphe 5.3.4 sont également indiquées dans ce chapitre qui rassemble de manière non exhaustive d'autres barrières applicables en meunerie telles que :

- des barrières de sécurité d'ordre général,
- des barrières de sécurité très spécifiques.

## 6.1 Bonnes pratiques de prévention

En meunerie, afin de prévenir les risques d'incendie et d'explosion, nous pourrons principalement proposer des solutions permettant d'agir sur deux facteurs :

- Eliminer les sources d'inflammation
- Réduire la quantité de combustible (poussière, papier, palette)

L'annexe 4 présente des exemples de mesures de prévention pouvant être mis en place sur les matériels de meunerie.
L'annexe 5 présente un tableau de synthèse d'exemples de mesures de prévention pouvant être mises en place à chaque étape du process de meunerie.

La prévention des autres risques (d'inondation, sismique et de pollution) n'est pas développée dans ce guide. Il convient à ce titre de se reporter vers d'autres sources (INRS, INERIS).

### 6.1.1 Eliminer les sources d'inflammation

#### *6.1.1.1 Eliminer les feux nus*

Afin d'éliminer les feux nus, les mesures suivantes doivent être respectées :

- Sensibilisation et information permanente aux risques présents ***(barrière organisationnelle de sécurité n°13)***
- Affichage de l'interdiction de fumer ***(barrière organisationnelle de sécurité n°14)***
- Respect de la procédure de consignation électrique
- Obligation de délivrer un permis de feu lors de travaux de maintenance réalisé par point chaud par une entreprise extérieure ou non (cf. annexe 7) ***(barrière organisationnelle de sécurité n°12)***
- Mise en place d'un plan de prévention avec les entreprises extérieures

#### *6.1.1.2 Eliminer les étincelles*

6.1.1.2.1 Etincelles pouvant être induites par les chocs

Les chocs sont créés par la présence d'un corps étranger ou d'une partie d'un élément mécanique. L'entrée de ces matériaux étrangers dans un appareil (pierres ou morceaux de métal) ou le frottement de 2 pièces métalliques sont capables de générer des étincelles.

↳ Mesures de prévention des étincelles induites par le passage de corps étrangers :

- Les blés sont livrés dans un état de propreté définit dans un cahier des charges,
- Des grilles sur la fosse de réception permettent d'arrêter les corps étrangers les plus gros,
- Avant la mouture, le nettoyage permet d'éliminer les corps étrangers qui peuvent se trouver dans le blé (cailloux, pièces métalliques…).
- Les magnétiques mis en place à l'entrée du process permettent de séparer toutes les pièces métalliques du blé et ainsi d'éviter les bris et chocs induits. Placés plus en aval du process, ils permettent de garantir l'absence de corps métalliques dans la farine.

↳ Mesures de prévention des étincelles induites lors d'une rupture d'élément mécanique : une vérification périodique des organes sensibles de chaque machine limite ce type de défaillance (la périodicité est à déterminer en fonction de chaque machine).

Une maintenance préventive ou prédictive peut être mise en place. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°5)***

6.1.1.2.2 Etincelles pouvant être induites par un défaut de liaison à la terre dans les équipements électriques

L'ensemble des installations électriques doit être mis à la terre (armoires électriques, moteurs, chemins de câbles…). ***(barrière technique de sécurité n°1)***

6.1.1.2.3 Etincelles pouvant être induites par l'électricité statique

Un élément conducteur (matériel, équipement, masse métallique) est dit « électrostatiquement à la terre » lorsque sa résistance de fuite ou d'écoulement des charges est $\leq 10^6$ ohms entre la terre et n'importe quel point de l'élément (source : Pavey, I., D., 2004. Electrostatic hazards in the process industries. Process Safety and Environmental Protection, 82 (B2). p 132-141. IChem$^E$).

↳ La mise à la terre systématique de tous les équipements principaux est donc préconisée et une liaison de conductivité entre les équipements est à mesurer. Si la résistance de fuite ou d'écoulement des charges est $>10^6$ ohms, on reliera les équipements entre eux avec des tresses conductrices. ***(barrière technique de sécurité n°1)***

La mesure de la résistance entre les parties conductrices de l'installation, garante de l'absence de risque lié à l'électricité statique, est obligatoire dans les zones ATEX ou concernées par les rubriques 2160 et 2260.

En cas d'achat de matériel, il est recommandé que celui-ci soit constitué de matériaux conducteurs (la norme EN 13463-1 préconise une résistivité $< 10^9$ ohm.m).

Les décharges électrostatiques que l'on retient en meunerie sont de deux types :
- décharges par étincelles (qui concernent les matériels conducteurs non mis à la terre),
- décharges glissantes de surface, qui concerne les matériels conducteurs recouverts d'un isolant (tuyauterie métallique recouverte d'une peinture isolante).

↳ En meunerie, il est particulièrement important de vérifier :
- la qualité anti-statique des manches de filtres,
- la qualité anti-statique des liaisons non métalliques des transports pneumatiques (plastique, plexiglass,…),
- d'éviter l'association conducteur/isolant.

***(barrière technique de sécurité n°2)***

### *6.1.1.3 Eliminer le risque électrique*

Les installations doivent être protégées contre la foudre (paratonnerre, cage maillée).Tous les équipements, appareils, masses métalliques et parties conductrices (armature béton armé, parties métalliques…) sont mis à la terre. Les prises de terre des équipements électriques et l'installation extérieure contre la foudre sont interconnectées. Une procédure de contrôle après épisode orageux accompagnée d'un registre peut permettre d'assurer le maintien dans le temps de l'efficacité des mesures relatives à la foudre. La vérification périodique est fonction du niveau de protection des dispositifs (variable de 1 à 5 ans).

Les installations électriques et paratonnerre doivent également faire l'objet d'une vérification annuelle par un organisme compétent. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°7)***

Les équipements et installations électriques doivent être conformes aux textes en vigueur : le décret n°96-1010 du 19 novembre 1996 et l'arrêté du 28 juillet 2003 concernant les zones ATEX, la norme NFC15-100 pour le matériel basse tension, les normes NFC13-100 et 13-200 pour le matériel haute tension et l'arrêté ministériel du 31 mars 1980 pour les locaux exposés aux poussières.

Le respect des règles de l'art en matière d'installations électriques constitue en général une protection suffisante contre les courants vagabonds (courants électriques non désirés, qui peuvent circuler dans le sol ou dans les structures conductrices en contact avec le sol : béton armé, tuyauteries, équipements métalliques,…). Au besoin, l'amélioration de l'installation, le remplacement des câbles abîmés, la vérification et la réparation des appareils présentant des pertes et l'installation de nouvelles mises à la terre peuvent résoudre le problème.

Mesures de prévention des risques d'inflammation d'origine électrique :

- utilisation de canalisation et de câble non-propagateur de la flamme,
- séparation du circuit de commande et d'éclairage et d'autres circuits,
- utilisation de canalisations étanches à la poussière,
- utilisation de matériel d'un degré de protection **minimum IP 5x** (suffisamment étanche aux poussières),
- utilisation de **baladeuses** traditionnelles pour vérifier le niveau des grains dans les silos est strictement **interdite**, (On pourra utiliser un télémètre, une sonde à poids ou une sonde avec contacteurs en s'assurant de la compatibilité de l'équipement avec la zone à risque déterminé),
- contrôle annuel des tableaux électriques par thermographie infra-rouge (Règle APSAD 19). ***(barrière organisationnelle de sécurité n°8)***
- vérification de l'adéquation du matériel électrique des zones ATEX,
- contrôle périodique des installations électriques, ***(barrière organisationnelle de sécurité n°7)***
- température de surface garantie sur les équipements susceptibles de s'échauffer.

#### *6.1.1.4 Eliminer les échauffements d'origine mécanique*

Un programme de maintenance systématique des installations, précisant la fréquence des vérifications et la méthodologie des opérations d'entretien, peut être mis en place, notamment concernant :

**Les courroies de transmission**

Elles doivent être vérifiées régulièrement et changées si nécessaire.
La qualité de la courroie ou de la sangle sera déterminée en fonction des risques identifiés. La norme NF EN 12882 propose un classement des bandes selon leur degré de sécurité en terme d'inflammation de la bande, de propagation de la flamme et d'inflammation au frottement.

**Les bourrages**

Le bourrage, dû à un mauvais transfert du produit, a pour effet de mettre en pression les conduits de la machine concernée. Cela devrait entraîner un arrêt du système soit par un contact électrique sur une trappe approprié (sonde capacitive et contrôleur de rotation), soit par une disjonction du moteur par surintensité. ***(barrière technique de sécurité n°15)***

**L'usure des paliers / roulements**

Les vitesses de rotation engendrent une usure des roulements progressive. Avant qu'un roulement soit défectueux, il se manifeste par des fréquences caractéristiques qui indiquent son état d'usure. Une maintenance préventive peut être mise en place au prorata. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°5)***

Tous les paliers à roulement sont situés de préférence à l'extérieur des machines. ***(barrière technique de sécurité n°4)***

Cf. guide silos.

**Les élévateurs**

Les élévateurs peuvent être l'objet d'échauffements mécaniques :

- Un patinage au niveau du tambour du moteur entraîne une détente des courroies et peut provoquer un échauffement,
- Les courroies peuvent frotter sur les carters et provoquer également un échauffement.

L'incidence de cet échauffement est plus ou moins sensible en fonction de la hauteur et du débit de l'élévateur.

Les élévateurs peuvent être équipés de contrôleurs de rotations et de capteurs de déport de sangle pour supprimer également le risque d'échauffement par frottement sur les carters. ***(barrière technique de sécurité n°15)***

Certains types de tambours (ex : type cage d'écureuil) permettent un centrage permanent de la sangle.

Le risque de propagation de flamme par la sangle est supprimé lorsque les sangles sont en matière difficilement inflammable (Norme EN 12-882).

**↳ Les appareils à cylindres**

Un défaut de réglage des cylindres pourrait entraîner un échauffement de ceux-ci. Seule la présence de personnel permet alors de réagir dans les meilleurs délais.

Si l'alimentation de produit est interrompue, il est souhaitable que les cylindres se débrayent automatiquement. ***(barrière technique de sécurité n°15)***

**Dans le cas où ceux-ci ne se débrayent pas, il est souhaitable qu'ils soient équipés d'un système d'alerte tel qu'une sonde de niveau avec ampèremètre de contact.** ***(barrière technique de sécurité n°15)***

La maintenance et le contrôle des réglages par le conducteur sont les deux principaux moyens de prévention. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°5)***

**↳ Les surpresseurs**

Afin de prévenir tout échauffement mécanique des surpresseurs, il est recommandé d'assurer un entretien suivi et de vérifier le dimensionnement de la puissance et du disjoncteur. Il est également possible de mettre en place des contrôles automatiques de dysfonctionnement (sondes de détection de températures, pressostat).

**↳ Les équipements tournants (paliers, moteurs, etc..)**

Les équipements tournants des installations sont dans leurs grandes majorités des équipements à vitesse de rotations $\leq$1500 tr/mn. Ces équipements tournants doivent être protégés contre la pénétration des poussières, ils doivent être régulièrement lubrifiés et disposés à l'extérieur des installations qu'ils entraînent (paliers à roulement externes). ***(barrières techniques de sécurité n°3 et4, barrière organisationnelle de sécurité n°5)***

Le tableau ci-dessous présente quelques ordres de grandeur des vitesses de rotation des appareils présents dans les moulins.

| Appareils | Vitesse de rotation (tr/min) |
|---|---|
| Appareil à cylindre | 400 – 500 |
| Tête d'élévateur | 100 |
| Vis à blé | 50 |
| Moteur | 1500 |
| Broyeur à marteaux | 1500 – 3000 |
| Ventilateur | 900 – 3000 |

Pour les exploitations disposant d'ateliers spécifiques et ayant des équipements tournants avec des vitesses de rotation élevées (5000 – 6000 T/mn), des mesures supplémentaires peuvent être mises en place (contrôleurs de température avec seuil d'alarmes…).***(barrière technique de sécurité n°15)***

La thermographie infrarouge et la maintenance prédictive peuvent aussi être utilisées sur les équipements susceptibles de présenter un risque d'échauffement mécanique, en tenant compte des températures d'inflammation des produits.

Des capteurs de température peuvent constituer un moyen de prévention supplémentaire au niveau des organes mécaniques susceptibles de s'échauffer lors de la création d'installations nouvelles.

#### *6.1.1.5 Eliminer les équipements développant des surfaces chaudes*

En raison des Températures d'Auto Inflammation minimales des produits de meunerie (TAI farine en nuage = 430°C et TAI farine en couche = 350°C), les équipements ne doivent pas dépasser une température de surface de 275 °C.

Ce principe peut s'appliquer pour vérifier l'adéquation des températures de surface de tout appareil (par ex : moteurs électriques ou thermiques, étuves,…) en fonctionnement normal dans les zones présentant des risques d'atmosphère explosive.

Le risque présenté par les engins de levage comme source d'ignition (moteurs électriques ou thermiques) doit être pris en compte dans l'analyse de risques.

#### *6.1.1.6 Supprimer la possibilité d'auto échauffement des produits*

**Blés stockés en meunerie :**
D'une manière générale, les mesures pouvant être mises en place pour prévenir le risque d'auto échauffement des blés sont :

- Une rotation des blés permettant un faible temps de présence dans les cellules de stockage,
- Une surveillance rigoureuse des caractéristiques d'humidité et de propreté des blés,
- Une traçabilité de la température des blés entre la réception et la mise en mouture de ceux-ci.

Concernant l'auto échauffement des blés stockés, la taille critique des cellules à blé est d'un rayon de 100 m pour une température de 30°C et d'un rayon de 20 m pour une température de 70°C (source INERIS). Or, les cellules à blé les plus importantes dans l'industrie meunière n'excèdent pas 6 à 7 mètres de diamètre (3 à 3,5 m de rayon).

De plus, si le blé meunier est contractuellement inférieur à 15 % d'humidité, il est bien souvent mesuré entre 13 et 14 % d'humidité avant stockage.

↳ En meunerie, un suivi de température des blés dans les cellules (thermométrie) est inutile compte tenu de la convergence des 4 critères suivants : Blés Sec (< 15% d'humidité) et froid (< 30 °C) stockés dans des petits volumes (Diamètre < 7 m) pour une durée souvent inférieur à 10 jours.

Dans le cas particulier du blé stocké dès la récolte, au-delà de 40°C, il est recommandé qu'il fasse l'objet d'une surveillance et/ou de mouvement d'homogénéisation et d'aération.

**Farines étuvées :**

Concernant l'auto-échauffement des farines, la dimension critique d'une cellule de stockage de forme cylindrique (rayon) est de l'ordre de 45 m pour un stockage de farine à 40°C et de 6 m pour un stockage de farine à 70°C (cf. annexe 3). Or, en meunerie, les cellules à farine n'excèdent pas 5 mètres de diamètre (2,5 m de rayon).

↳ Un suivi de température des farines dans les cellules (thermométrie) est inutile compte tenu de la convergence des 4 critères suivants : Farine sèche (< 16% d'humidité) et froide (< 30 °C sauf farine étuvée) stockées dans des petits volumes (Diamètre < 5 m) pour une durée souvent inférieur à 10 jours. Seule la farine étuvée peut présenter un risque d'auto échauffement si certaines précautions ne sont pas prises.

Pour supprimer la possibilité d'auto échauffement de la farine étuvée, il faut maîtriser les températures au cours :

- d'action d'étuvage et/ou de séchage : il faut veiller à ce que les conditions mises en œuvre n'entraînent pas le dépassement de la température d'auto inflammation du produit en

nuage ou en couche. Il est donc nécessaire de porter un suivi et une attention particulière à la température des surfaces d'échanges et à la température du produit. Des sécurités peuvent être mises en place au niveau des installations : contrôleur de température qui arrête la chaudière en cas de dépassement, capteur qui coupe les alimentations électriques… ***(barrière technique de sécurité n°15)***

- du stockage des farines après étuvage : il faut s'assurer que les conditions d'ensilage des farines, bien que de très courte durée et d'un taux d'humidité très faible, soient faites à des températures de stockage n'entraînant pas d'auto-échauffement (cf. annexe 3). Le graphique de l'annexe 3 précise dans quel cas (domaine d'autoinflammation), les cellules recueillant les farines étuvées, doivent être équipées de sondes thermométriques, dont les relevés de températures doivent être périodiques. Ce système peut être pourvu d'un dispositif d'alarme, en cas de dépassement d'un seuil prédéterminé. En tout état de cause, il est recommandé de refroidir le produit de façon appropriée jusqu'à une température acceptable avant son stockage en cellule. ***(barrière technique de sécurité n°15)***

En résumé, tout dispositif de contrôle garantissant les mouvements de farine au cours de l'étuvage est indispensable ainsi qu'une garantie de maîtrise de la température des surfaces d'échange.

Il faut être vigilant dans le choix des systèmes d'étuvage et privilégier ceux offrant les meilleures garanties de sécurité.

### 6.1.2 Réduire les quantités de poussières émises

#### *6.1.2.1 Eliminer les poussières dans les produits*

L'élimination des poussières commence dès la livraison des blés. Ceux-ci doivent répondre à un état de propreté définit dans un cahier des charges, établit entre le site et le fournisseur (organisme stockeur, producteur). Le contrôle de propreté du blé doit être réalisé avant chaque déchargement.

L'étape de nettoyage débarrasse le grain de ses impuretés et en particulier des poussières. De plus, cette étape est suivie d'un mouillage des blés.

#### *6.1.2.2 Aspirer les poussières émises*

Toutes les installations doivent être équipées d'un système d'aspiration fermé permettant le captage et la collecte des poussières (filtre sous caisson, cyclofiltre…). ***(barrière technique de sécurité n°9)***

Un système de contrôle de défaillance dans le système d'aspiration permet de mettre en défaut l'automate qui gère la production et d'arrêter automatiquement la section de process concernée.

Les systèmes de transports sont asservis au système d'aspiration avec double asservissement.

***(barrières techniques de sécurité n°10 et 11)***

Les filtres peuvent présenter un risque d'atmosphère explosive qui doit être étudié (filtres de dépoussiérage et filtres d'aspiration).
Les filtres de process présentent potentiellement moins de risques mais les filtres existants doivent tout de même faire l'objet d'une étude. Il est recommandé, par précaution, que les nouveaux filtres soient équipés systématiquement d'évents de décharge d'explosion.

Les poussières sont préférentiellement stockées à l'écart des installations de production.

Concernant les aires de chargement et de déchargement, à défaut d'aspiration, elles doivent être suffisamment ventilées de manière à éviter la création de zones à atmosphère explosive.

#### *6.1.2.3 Eviter le dégagement de poussières*

En meunerie, les zones généralement sensibles au niveau des dégagements de poussières sont : les transporteurs ouverts, les cellules, les zones de chargement et de déchargement.

Les sources d'émissions de poussières sont fortement dépendantes de la maîtrise de l'étanchéité des circuits ainsi que du dimensionnement de l'installation d'aspiration et de son efficacité.

↳ Les blés sont acheminés au moyen de transporteurs (horizontaux et/ou verticaux) fermés, étanches, aspirés au point d'introduction et de sortie du blé. ***(barrière technique de sécurité n°9)***

Le process de mouture peut se résumer essentiellement en une succession de broyages, puis de tamisage (appareils à cylindres, plansichters, etc) au travers d'équipements fermés et étanches sous une aspiration basse pression constante. Les mouvements de produits se font généralement par aspiration (remontées pneumatiques). L'humidité moyenne des produits puis des farines ne favorise pas particulièrement une amorce de combustion. De plus, les concentrations des poussières dans les transporteurs sont généralement en dehors du domaine d'explosivité. D'une part, l'importance du volume d'air éloigne généralement les concentrations réelles des LIE (concentration < LIE, dans la partie air propre des filtres) et d'autre part, l'importance des volumes de produits entraîne un dépassement de la LSE (concentration > LSE, dans les transports pneumatiques hors phases de démarrage et d'arrêt). (cf. chapitre 4.3)

En sortie de moulin, les farines sont stockées en vrac au moins à titre temporaire. Un transporteur mécanique est moins générateur de mouvement de poussière à l'intérieur de la cellule qu'un transporteur pneumatique. Ce second type de transport nécessite obligatoirement un dispositif de séparation air-produit et une aspiration supérieure au volume d'air apporté par le transporteur.

Les issues sont idéalement traitées au fur et à mesure par la presse à « Pellets » offrant ainsi un produit inerté vis-à-vis du problème d'explosion de poussière. Dans l'alternative où elles restent en « l'état », l'accroissement du risque « feu » voir « explosion » réside surtout dans l'opération de broyage (broyeur à marteau) des sous produit en provenance du nettoyage.

Le mélange des farines créé par définition une atmosphère poussiéreuse et donc le risque «explosion» existe. Les deux principales mesures de prévention concernent l'étanchéité de l'appareil et une mise en dépression systématique des produits au moment des mouvements.

#### *6.1.2.4 Eliminer tous les dépôts de poussières sur le sol par un nettoyage systématique*

La présence de poussières sous forme de dépôt représente un risque majeur. Pour maîtriser cette poussière, les mesures suivantes doivent être prises :

↳ Tous les silos, bâtiments ou locaux occupés par du personnel, ainsi que les aires de chargement et de déchargement doivent être débarrassés régulièrement des poussières recouvrant le sol, les parois, les chemins de câbles, les gaines, les canalisations, les appareils et les équipements. Des témoins peuvent être peints sur les sols afin de garantir une quantité de poussières fines inférieures à 50 g/m². ***(barrière organisationnelle de sécurité n°16)***

Il également recommandé de prévoir la disposition des chemins de câbles « en drapeau » plutôt qu'à plat, pour éviter l'accumulation de poussière dans des zones non accessibles pour le nettoyage.

Toute opération ponctuelle de nettoyage doit être réalisée avec des aspirateurs plutôt qu'avec des balais. L'utilisation d'air comprimé doit être prohibée ou faire l'objet de consignes spécifiques.

**Le nettoyage doit être organisé (fréquence, lieu…), consigné dans un registre et faire l'objet d'un suivi.**

L'ensemble des dispositions pourra être intégré dans le système qualité du moulin.

**Le stockage** des produits finis, des matières premières en sacs ou plus généralement **des substances combustibles** non nécessaires au fonctionnement de l'installation **doit être isolé** des zones de production.

### 6.1.3 Mettre en place des moyens organisationnels

La réduction des potentiels de dangers dans un établissement meunier s'organise par la mise en place de moyens humains en terme de :

#### *6.1.3.1 Un personnel nommément désigné*

L'exploitation ne peut se faire que sous la surveillance d'un responsable d'exploitation, dont la mission et les compétences incluent spécifiquement la sécurité des personnes et des équipements. Celui-ci doit être parfaitement formé aux caractéristiques de l'ensemble des installations et à la sécurité.

Un ou plusieurs suppléant(s) lui sont nécessaire(s) dans le cas d'une possible absence régulière pour l'exercice d'autres activités de sa profession (commercial, logistique…).

Une équipe de maintenance des installations ayant toutes les qualifications requises procède aux opérations d'entretien des installations. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°5)***

#### *6.1.3.2 Une formation régulière du personnel*

Le personnel doit recevoir des formations spécifiques en fonction de son implication dans le process de production. ***(barrière organisationnelle de sécurité n°13)***

Exemples de formations :

- habilitation électrique,
- maniement des extincteurs / R.I.A.
- exercices d'évacuation,
- sécurité générale au poste de travail (Fiches de postes),
- Sauveteurs Secouristes du Travail (SST),
- risque ATEX,
- utilisation de produits dangereux,
- chaufferie,
- et autres se rapprochant des risques analysés.

Toutes ces formations, pas nécessairement longues en durée, mais nécessairement périodiques contribuent au sens de la vigilance vis-à-vis de la sécurité. Ces formations peuvent être aussi bien traitées en interne qu'en externe, par des personnes spécialisées ou par l'encadrement.

Toute entreprise extérieure ou nouvel arrivant est informé des procédures de sécurité (plan de prévention pour les entreprises extérieures, livret accueil…).

#### *6.1.3.3 La mise en place et le respect des consignes de sécurité et des procédures d'exploitation*

Les consignes de sécurité et les procédures d'exploitation sont établies et mises en œuvre sur l'ensemble du site. Elles sont connues et disponibles. Elles doivent comporter la **liste détaillée des contrôles à effectuer en marche normale, à la suite d'un arrêt pour travaux de modification ou d'entretien des installations et à la remise en service de celle-ci en cas d'incident grave ou d'accident** (cf. annexe 6).

Elles sont régulièrement révisées et re-signées par le responsable d'exploitation.

Parmi les consignes de sécurité très importantes on peut citer :

- Le **permis de feu** qui doit être délivré lors de travaux de maintenance réalisés par point chaud par une entreprise extérieure ou non (cf. annexe 7). Cette procédure est rendue effective par la désignation d'un responsable sur site chargé de sa bonne application et de la formation des personnes susceptibles d'y avoir recours. ***(barrière technique de sécurité n°12)***
- Le **plan de prévention** qui doit être instauré pour toutes les sociétés extérieures intervenant sur le site conformément au décret n°92-158 du 20/02/92, ***(barrière technique de sécurité n°12)***
- Le **protocole de chargement et déchargement**, qui doit être respecté par tous les transporteurs intervenant sur le site conformément au Code du Travail.
- Les **conditions d'accès** au site et aux installations doivent être définies afin de prévenir les intrusions et les malveillances.

#### *6.1.3.4 Le maintien des performances des barrières de sécurité*

Les barrières de sécurité doivent répondre à quatre critères :
- **Efficacité ;**
- **Cinétique ;**
- **Maintenabilité ;**
- **Testabilité.**

Ces quatre critères doivent être pris en compte dans l'étude de dangers, à la fois pour les barrières techniques de maîtrise des risques et les barrières organisationnelles fondées sur les interventions humaines.

## 6.2 Bonnes pratiques de protection

Cette partie décrit les mesures de protection pouvant être mises en œuvre pour lutter contre les incendies et les explosions (poussières et gaz). Le choix des mesures est défini par l'analyse des risques, en fonction de la criticité du risque (fréquence / gravité).

### 6.2.1 Bonnes pratiques de Protection contre les risques d'incendie

#### *6.2.1.1 Détection précoce des feux*

Un système de détection d'incendie automatique peut être mis en place dans les bâtiments.

Une diffusion sonore répartie sur l'ensemble du site est nécessaire. Un double report d'alarme peut être également assuré au poste de conduite des installations et/ou au poste de garde par exemple.

Le système de détection d'incendie doit être couplé à des mesures organisationnelles et ne suffit pas à protéger à lui seul les installations contre l'incendie.

#### *6.2.1.2 Limitation des risques de propagation des incendies*

La première disposition à prendre en cas d'incendie est l'arrêt complet de l'installation, afin d'arrêter tout mouvement de produits et d'aspiration.

Grâce au choix approprié de matériaux pour les installations et des dispositions constructives pour l'évolution des bâtiments, il est possible de retarder la transmission de la chaleur et canaliser les fumées.

Dans la mesure du possible, dès l'installation ou lors des remplacements, en dehors de tout aspect réglementaire, les choix doivent se porter de préférence sur l'utilisation de matériaux non propagateurs de la flamme (ex : sangle d'élévateur).

↳ Quelques exemples de dispositions constructives :

- La structure béton est incombustible.
- Pour des structures combustibles (notamment planchers en bois), il est nécessaire de s'assurer que la stabilité au feu des structures est compatible avec les délais d'intervention des services d'incendie et de secours (le temps moyen standard d'intervention en France est de 20 minutes). Des mesures compensatoires peuvent être mises en place (détection incendie, sprinklage,…).
- Les murs maçonnés permettent d'isoler l'environnement des effets du rayonnement thermique en cas d'incendie (adapté dans le cas des entrepôts)
- Les portes et murs coupe feu minimum 1h sont recommandés (cf. Règles R15 et R16 de l'APSAD).
- La limitation des propagations d'incendie peut être justifiée au niveau d'activités différentes notamment entre les stockages et la production.

#### *6.2.1.3 Moyens internes d'intervention*

##### 6.2.1.3.1 Extincteurs mobiles :

Un extincteur est un appareil qui permet de projeter et de diriger sur un foyer d'incendie un agent extincteur. La projection hors de l'appareil est obtenue par l'effet d'une pression intérieure qui peut être dû soit à la compression préalable de l'agent extincteur, soit à la libération ou à la production d'un gaz de chasse au moment de la mise en œuvre.

Pour l'extinction des feux de céréales et pour les feux de matériaux combustibles, la pulvérisation d'eau doit être privilégiée. Les extincteurs à $CO_2$ seront réservés pour les installations électriques (Attention à l'utilisation des extincteurs, qui présentent un risque de mise en suspension des poussières).

Des extincteurs sont placés dans des zones protégées et facilement accessibles. Le personnel doit être régulièrement formé à leur maniement.

Le nombre, la capacité et les procédures de vérifications des extincteurs peuvent être définis en se référant à la règle R4 de l'APSAD (un appareil de 6 ou 9 kg pour 200 $m^2$).

##### 6.2.1.3.2 Extinction automatique à eau de type Sprinkler

Un sprinkler est un dispositif vissé sur une conduite d'eau sous pression et qui libère automatiquement un jet d'eau sur un foyer d'incendie lorsque l'air ambiant atteint une température prédéterminée.

Concrètement, si un incendie se déclare, la température augmente et à partir d'un certain seuil (68°C en général) le ou les Sprinklers qui ont été portés à cette température s'ouvrent et permettent un arrosage local en pluie très efficace. Ainsi l'installation agit dès les premières minutes à l'endroit même (et uniquement) où le feu a pris naissance.

Un système d'extinction automatique à eau de type sprinkler peut être mis en place dans les bâtiments à forte concentration de charge calorifique. Sa totale fiabilité ne peut être envisagée que dans le strict respect de normes d'installation, de suivi et de contrôle de l'installation. Ces normes peuvent être aussi bien française (APSAD) qu'américaine (NFPA).

#### 6.2.1.3.3 R.I.A.

Un réseau de Robinets d'Incendie Armés peut être mis en place sur le site.

Un Robinet d'Incendie Armé (RIA) est une installation fixe de premier secours contre l'incendie. Il se compose d'un robinet d'arrêt d'alimentation, d'un dévidoir, d'une longueur de 30m de tuyaux semi-rigides, d'une lance de diffusion.

Les débits d'eau disponibles doivent correspondre aux besoins, suivant la règle R5 APSAD en accord avec la commission d'agrément des pompiers.

L'installation restera de préférence en permanence sous manche d'air, pour éviter la dégradation due au gel.

Eviter d'utiliser le RIA sur les poussières (privilégier le jet diffus pour éviter la mise en suspension des poussières).

#### 6.2.1.3.4 Poteaux incendie :

Les poteaux incendies doivent faire l'objet d'une vérification périodique (semestrielle). La connaissance de leurs débits et de leurs pressions dynamiques sont nécessaires pour les assureurs.

*Pour information (d'après le Guide D9*) :*
Débit minimum imposé par la norme : 60m$^3$/h
Pression dynamique imposée par la norme : 1 bar avec une tolérance de 0,6 bar

**Le Guide D9 est un document technique, utilisé pour dimensionner les besoins en eau minimum nécessaires à l'intervention des services de secours, basés sur le nombre d'hydrants. Les besoins définis se cumulent aux besoins des protections internes aux bâtiments concernés (RIA, extinction automatique à eau,…) lorsqu'ils sont pris sur la même source.*

#### 6.2.1.3.5 Colonnes sèches et réserves d'eau:

Une colonne sèche est une tuyauterie fixe et rigide (Dn = 65 ou 100) installée à demeure dans des constructions à usage industriel destiné à être raccordée aux tuyaux des Sapeurs Pompiers et mise en charge au moment de l'emploi. Une telle installation permet d'accélérer le temps d'intervention en évitant la mise en place de tuyaux verticaux souples. Les colonnes sèches doivent être dissociées des colonnes utilisées pour l'aspiration centralisée et doivent respecter la norme NFS 62 213.

Connaître l'emplacement des colonnes sèches et des réserves d'eau

#### 6.2.1.3.6 Locaux électriques sous gaz d'inertage :

Prévoir éventuellement l'inertage par gaz dans les locaux électriques en cas d'incendie (armoires électriques).

#### 6.2.1.3.7 Désenfumage :

La mise en place de dispositifs d'évacuation des fumées ou exutoires est nécessaire.

Pour les nouvelles installations, il est recommandé de vérifier que ces dispositifs répondent à la norme NF EN 12 101-2.

Un exutoire de fumée est une ouverture pratiquée dans une construction pour en permettre l'évacuation à l'air libre, où ils deviennent inoffensifs, de l'air surchauffé, de la fumée et des gaz.

6.2.1.3.8 Issues de secours :

Conformément à la réglementation du travail, les bâtiments doivent comporter des issues de secours identifiées, ainsi qu'un plan d'évacuation.

#### *6.2.1.4 Moyens externes d'intervention*

Pour les moulins présentant des risques particuliers, les interventions en cas d'accident ne peuvent avoir pleine efficacité qu'en rassemblant, dans une organisation planifiée, les moyens des services publics de secours, associés à ceux des entreprises privées. Cette planification doit être menée en accord avec les Pouvoirs Publics. Ainsi, une parfaite connaissance du site par les pompiers est recommandée.

Par arrêté préfectoral d'autorisation le préfet peut imposé un POI (Plan d'Organisation Interne). Celui-ci est établi sous la responsabilité de l'exploitant, sur la base d'une étude de dangers, mais en étroite liaison avec les Pouvoirs Publics. Il doit détailler les moyens et équipements mis en œuvre pour organiser la lutte contre les sinistres et reproduire les mesures d'urgence qui lui incombent sous le contrôle de l'autorité de police, notamment en matière d'alerte.

Le PII, Plan d'Intervention Interne, peut avantageusement remplacer le POI.

#### *6.2.1.5 Procédures d'intervention dans les silos*

L'annexe B du Guide silos décrit les procédures d'intervention dans les silos en cas d'incendie ou d'autoéchauffement et notamment :

- les mesures préliminaires à l'intervention,
- les procédures de suivi,
- les stratégies de lutte et les équipements nécessaires en fonction des produits stockés,
- la vidange.

Pour les blés meuniers et les farines, l'usage de la mousse à moyen ou haut foisonnement dans le ciel de la cellule doit être privilégié en cas d'autoéchauffement dans une cellule.

Le gaz ($N_2$) ne sera utilisé pour l'inertage des silos de blé que dans certains cas spécifiques.

L'étude du Dr Radandt (RADANDT S., 1981. Inertisierung von Silozellen. Symposium Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten. pp 19-23), publiée en 1981, a montré que l'inertage d'une cellule de farine était impossible et pouvait conduire à la rupture d'étanchéité du silo.

La farine stockée étant étanche au $N_2$ sous pression, on peut raisonnablement penser que cette farine est également étanche à l'entrée d'$O_2$ à la pression atmosphérique, et donc qu'un incendie en cœur de cellule devrait s'éteindre spontanément. L'accidentologie inexistante d'incendie en silo farine va dans ce sens.

### 6.2.2 Bonnes pratiques de Protection contre les explosions de poussières

Pour plus d'information concernant les barrières techniques de sécurité pour la protection des risques d'explosion, consulter le site BADORIS sur http://ineris.fr.

#### *6.2.2.1 Principe de Protection*

##### 6.2.2.1.1 Protection bâtimentaire

Les mesures de base mises en œuvre pour réduire les conséquences d'une explosion concernent :

- l'isolement des enceintes (ou découplage),
- la mise en place de surface de décharge de l'explosion.

**L'isolement** consiste en la création de parois suffisamment résistantes entre les espaces qu'elles veulent séparer. Cet isolement permettra de réduire la mise en communication des différents volumes, et par la même, d'assurer un effet de découplage afin d'éviter la propagation de l'explosion initiale. L'explosion initiale est cantonnée au seul volume où elle est apparue. La présence de planchers en bois doit être prise en compte dans l'analyse. ***(barrière technique de sécurité n°18)***

**La mise en place de surfaces de décharge** de l'explosion sera réalisée par l'utilisation de surfaces soufflables (polycarbonates, bardage métallique). Au niveau des cellules, la dalle sur cellule peut être considérée par l'exploitant comme suffisamment fragile pour assurer le rôle de surface éventable. Cette option génère des projections lourdes de béton. Par contre au niveau des galeries hautes et basses ainsi que des tours de manutention, la surface éventable existante sera comparée à la surface éventable théorique. En cas de déficit, de nouvelles surfaces légères seront créées. Cette solution supprime les projections lourdes. ***(barrière technique de sécurité n°19)***

L'adaptation de surfaces de décharge d'explosion sur les installations existantes doit être envisagée en tenant compte des difficultés techniques, notamment l'affaiblissement des structures qui fragilise la stabilité, en particulier en zone sismique. Dans ce cas, d'autres solutions devront être étudiées.

##### 6.2.2.1.2 Protection des équipements et des personnes

D'autres mesures peuvent être mises en place, telle que :

- **Contenance des effets de pression**
  La méthode consiste à construire les parties des installations susceptibles d'être soumises aux effets de pression de l'explosion, suffisamment résistantes pour ne pas se rompre. Pour ce faire, la résistance mécanique des structures des installations doit être supérieure à la pression maximale d'explosion (6 à 8 bars).
  La pression de résistance de l'enceinte étant fonction de la résistance de la paroi la plus fragile et des volumes de communication, le renforcement de certaines parois et la fragilisation d'autres peut être une mesure de protection.

- **Réduction de la suppression maximale induite**
  La méthode consiste en la "décharge de l'explosion", afin que la pression maximale atteinte soit nettement inférieure à la résistance mécanique de la partie d'installation susceptible d'être soumise aux effets de pression induits par une explosion.
  Sur les appareils ou bâtiments peu allongés, l'atténuation de la suppression due à l'explosion peut être obtenue par des évents de décharge. ***(barrière technique de sécurité n°17)***
  Les dimensions de ces orifices dépendent notamment de la surpression supportable par l'enceinte, de la violence de l'explosion, de la pression d'ouverture du dispositif.

  *Remarques :*
  *A travers les orifices de décharge s'exercent les effets de souffle et les effets de flamme. Dans le cas de dépôts de poussières à l'extérieur des appareils protégés, ceux-ci peuvent conduire à une explosion secondaire.*
  *Il faut veiller à ce que la décharge des évents s'effectue dans une direction non dangereuse pour le personnel ou d'autres installations et de préférence à l'extérieur du bâtiment.*

*Des précautions doivent être prises lorsque des évents dits « lourds » sont utilisés comme moyen de protection notamment au niveau des marges de sécurité liées aux incertitudes (détermination de la pression réduite).*
*Il existe par exemple des dispositifs de décharge sans flamme utiles pour les filtres implantés à l'intérieur des installations.*
*Sur certains équipements tels que les élévateurs, des « boulons sauteurs » peuvent être mis en place.*

- **L'éloignement des personnels et des tiers**
  On éloigne les personnels, les tiers, toute activité ou toute exploitation non nécessaire à l'exploitation même des installations de meunerie à l'extérieure des zones d'ensevelissement provoqué par la ruine des silos. Ces zones de dangers sont issues du calcul volumétrique des masses de produits en présences. Elles peuvent être balisées voir même clôturées.

- **Limitation des projections**
  Pour prévenir les risques liés aux bris de verre lorsque les vitrages sont utilisés comme surfaces soufflables et que les projections sont susceptibles d'atteindre des tiers. Des matériaux non tranchants ou des films protecteurs spécifiques pourront être utilisés.

  Les dispositifs suivants sont encore trop spécifiques et inadaptés pour l'industrie agro-alimentaire, en particulier en termes de suivi et de coûts :

  - **Les appareils de découplage**

  Des appareils permettent de découpler les équipements en cas de surpression afin d'éviter la transmission d'une explosion d'un équipement à l'autre :
  Vanne mécanique d'isolation fournissant une barrière physique contre l'explosion, cheminée de détente, clapet anti-retour…

  - **Suppression de l'explosion**

  La suppression de l'explosion est obtenue par l'étouffement de celle-ci en introduisant le mélange réactif d'un agent extincteur. La détection de l'explosion doit être réalisée le plus tôt possible. Les dispositifs d'extinction sont donc constitués d'un détecteur ultra-rapide (quelques ms) et d'un extincteur à décharge rapide (quelques dizaines de ms).

#### *6.2.2.2 Méthodologie de dimensionnement des surfaces éventables*

Le dimensionnement des surfaces éventables peut être réalisé par application d'une de ces normes (voir également le Guide silos MEDAD):

- VDI 3673 (allemande) : *Pressure Venting of Dust Explosions*, et plus particulièrement son chapitre 6.2.4 : *Venting of Rectangular Enclosures ;*
- *NFU 54-540 ;*
- *NFPA 68 ;*
- *FR EN 14491.*

Les paramètres de base à introduire pour faire un calcul de surface d'évent sont :

- Le volume de l'enceinte à protéger et sa géométrie (rapport hauteur sur diamètre),
- La pression d'explosion maximum qui ne doit pas être dépassée (Pred),
- Des paramètres caractéristiques des poussières vis à vis de l'explosion (Kst et Pmax),
- Eventuellement, la pression d'ouverture de l'évent (Pstat).

Le volume correspond à la dimension géométrique de l'enceinte considérée et ne tient pas compte d'une obstruction partielle (remplissage par du grain, par exemple), car la surface d'évent augmente avec le volume et donc la situation la plus défavorable du point de vue de l'explosion est a priori celle où le volume disponible pour l'explosion est maximum.

Les poussières rencontrées dans les moulins ont un Kst compris entre 105 et 122 bar.m.s$^{-1}$ avec un Pmax compris entre 7,7 et 8,8 Bars. Les différentes farines ont un Kst compris entre 53 et 100 bar.m.s$^{-1}$ (classe d'explosion ST1) et un Pmax compris entre 5,5 et 7,8 bars.

La pression d'ouverture de l'évent est fournie par les constructeurs de matériel et est généralement de l'ordre de 100 mbar.

Dans le cas des surfaces soufflables, un ordre de grandeur plausible de limite supérieure pour la masse surfacique est de l'ordre de 20 à 30 kg/m$^2$. Au delà, une étude spécifique tenant compte de l'inertie est souhaitable (la surface n'est pas forcément une « surface soufflable »).
Ainsi, concernant le caractère soufflable des toits de cellules béton, le guide silos indique l'utilisation de la norme NFPA.

### 6.2.3 Bonnes pratiques de protection contre les risques d'explosion de gaz

Celles-ci concernent essentiellement les chaufferies employant le gaz comme combustible. Les mesures ci-dessous concernent les installations de combustion soumises à déclaration, c'est-à-dire > 2MW. L'arrêté type les concernant reprend notamment les mesures suivantes :

- le local abritant l'installation doit présenter les caractéristiques de réaction et de résistance au feu minimales (matériaux M0, stabilité au feu 1h, couverture incombustible),
- il doit être équipé de conduits permettant l'évacuation des fumées et des gaz de combustion,
- les portes donnant vers l'extérieur doivent être coupe-feu de degré minimum 1/2h,
- la ventilation doit être assurée en permanence au moyen d'ouvertures en partie haute et basse permettant une circulation efficace de l'air,
- les installations électriques doivent être conformes au décret du 14 novembre 1988 et les équipements doivent être mis à la terre,
- la coupure de l'alimentation en gaz doit être assurée par deux vannes automatiques redondantes, placées en série sur la conduite d'alimentation et asservies chacune à des capteurs de détection de gaz et un pressostat,
- l'installation doit être correctement surveillée et entretenue,
- les risques et consignes doivent être identifiés et affichés,
- les moyens de lutte contre l'incendie doivent être suffisants en nombre et adaptés aux risques,
- réarmement manuel extérieur en cas de défaut des installations.

Les plus petites installations (< 2MW) s'inspireront de tout ou partie de ces obligations de sécurité.

# 7 Appui à l'application de l'arrêté 2260

Cette partie reprend, pour chacun des articles de l'arrêté ministériel applicable aux installations classées soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260, la référence aux informations mentionnées dans les paragraphes précédents, notamment les bonnes pratiques pouvant être mises en œuvre par les entreprises, et les documents à tenir à disposition de l'Administration.

Le tableau ci-dessous présente :

- Les thèmes abordés par l'arrêté du 18 février 2010 relatif à la prévention des risques accidentels présentés par certaines installations classées soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260 (cf. annexe 1).

- La correspondance entre ces thèmes et le guide de l'état de l'art en meunerie.

| Thèmes abordés | Articles de l'arrêté | Correspondance avec les chapitres du « Guide de l'état de l'art en Meunerie » | Documents à tenir à disposition de l'Administration |
|---|---|---|---|
| Domaine d'application | Article 1 | | |
| Etude de dangers | Article 2 | 2.2 – 5 | Etude de dangers |
| Formation du personnel | Article 3 | 6.1.3.1 -6.1.3.2 | |
| Consignes de sécurité et procédures d'exploitation | Article 4 | 6.1.1.1 - 6.1.3.3 | |
| Précurseur d'explosion ou d'incendie | Article 5 | 5.1.1 | Registre dans lequel doivent être consigné tout événement susceptible de constituer un précurseur d'explosion ou d'incendie |
| Implantation | Article 6 | | |
| Accès et aménagements des installations | Article 7 | 6.2.2.1.2 | |
| Caractéristiques de résistance au feu des structures porteuses et des bâtiments | Article 8 | | |
| Dispositifs d'évacuation des fumées | Article 9 | 6.2.1.3.7 | |
| Caractéristiques de la « voie engins » et de la voie « échelle » qui doivent permettre l'intervention des services d'incendie et de secours | Article 10 | 6.2.1.3.8 -6.2.1.4 | |
| Mesures de prévention contre les risques d'explosion et d'incendie | article 11 | 2.3- 6.1 | Rapport annuel constitué de l'avis d'un organisme compétent sur :<br>- les mesures prises pour prévenir les risques liés à l'électricité statique et aux courants vagabonds<br>- la conformité des installations électriques et du matériel utilisé |
| Mesures de protection contre les explosions | Article 12 | 6.2 | Etude technico-économique proposant des moyens techniques pour réduire les effets d'une explosion et éviter leur propagation. |
| Moyens de lutte contre l'incendie et les procédures d'intervention pour la gestion des situations d'urgence | Art 13 | 6.2.1.3 | |
| Séparation des corps étrangers | Article 14 | 6.1.1.2.1 | |
| Nettoyage des locaux | Article 15 | 6.1.2.2 - 6.1.2.4 | |
| Surveillance des conditions de stockage des produits | Article 16 | 6.1.1.6 | |
| Systèmes de dépoussiérages et de l'asservissement des installations de manutention au système d'aspiration | Article 17 | 6.1.2.2 - 6.1.2.3 | |

# 8 Annexes

**Sommaire des annexes :**

Annexe 1 : Arrêté du 18 février 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260

Annexe 2 : Guide ATEX 1ère partie

Annexe 3 : Graphique : détermination de la dimension critique d'un stockage de farine en fonction de la température

Annexe 4 : Exemples de dispositifs de sécurité pouvant être mis en place sur le matériel de meunerie

Annexe 5 : Exemples de mesures de prévention pouvant être mis en place à chaque étape du process de meunerie

Annexe 6 : Exemple de liste non exhaustive de contrôles à effectuer en marche normale

Annexe 7 : Exemple de Permis de Feu

**Arrêté du 18 février 2010 relatif à la prévention des risques accidentels présentés par certaines installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation sous la rubrique no 2260 « broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, granulation, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épluchage et décortication des substances végétales et de tous produits organiques naturels, y compris la fabrication d'aliments composés pour animaux, mais à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221, 2225, 2226 »**

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat,
Vu le code de l'environnement, notamment le titre Ier de son livre V ;
Vu le décret no 96-1010 du 19 novembre 1996 modifié relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosible ;
Vu l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement ;
Vu l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toiture exposées à un incendie extérieur ;
Vu l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages ;
Vu l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
Vu l'arrêté du 15 janvier 2008 concernant la protection contre la foudre de certaines installations applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
Vu l'avis des organismes professionnels intéressés ;
Vu l'avis du Conseil supérieur des installations classées du 5 décembre 2008,
Arrête :

TITRE Ier
**DOMAINE D'APPLICATION**
**Art. 1er. –** Le présent arrêté fixe les prescriptions applicables pour la prévention des risques accidentels, aux installations :
– autorisées au titre de la rubrique 2260 de la nomenclature des installations classées ;
– et correspondant à l'une des activités suivantes : meuneries, rizeries, semouleries de blé dur et de maïs et usines de fabrication d'aliments composés pour animaux.
Les stockages faisant partie intégrante du processus de production sont régis par les dispositions du présent arrêté.
En revanche, les prescriptions de cet arrêté ne sont pas applicables aux capacités de stockage type vrac quelle que soit leur conception, situées en amont et en aval des ateliers de transformation et aux équipements associés suivants :
– les fosses de réception, les galeries de manutention, les dispositifs de transport (élévateurs, transporteur à chaîne, transporteur à bande, transporteur pneumatique) et de distribution des produits (en galerie ou en fosse), les équipements auxiliaires (épierreurs, tarares, dépoussiéreurs, tamiseurs, séparateurs magnétiques ou tout autre dispositif permettant l'élimination de corps étrangers) ;
– les trémies de vidange et de stockage des poussières.

TITRE II
**DISPOSITIONS GÉNÉRALES**
**Art. 2. –** L'exploitant définit dans une étude de dangers les mesures techniques et organisationnelles propres à réduire la probabilité d'occurrence, la cinétique, l'intensité des effets et la gravité des conséquences des accidents potentiels. Il assure le maintien dans le temps de leurs performances.
**Art. 3. –** L'exploitation se fait sous la surveillance d'une personne nommément désignée par l'exploitant et spécialement formée aux caractéristiques de l'installation et aux questions de sécurité.

L'ensemble du personnel, y compris intérimaire ou saisonnier, reçoit une formation spécifique aux risques particuliers liés à l'activité de l'établissement. Cette formation fait l'objet d'un plan formalisé. Elle est mise à jour et renouvelée régulièrement.

**Art. 4. −** Les consignes de sécurité et les procédures d'exploitation de l'ensemble des installations comportent explicitement la liste détaillée des contrôles à effectuer en marche normale, au démarrage, lors de nettoyages, de périodes de maintenance, en fonctionnement dégradé, à la suite d'un arrêt pour travaux de modification ou d'entretien des installations et à la remise en service de celles-ci en cas d'incident grave ou d'accident. Les consignes de sécurité sont tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel.

Les procédures d'exploitation sont tenues à jour et mises à la disposition de l'inspection des installations classées.

Il est interdit de fumer dans l'ensemble des installations.

La réalisation de travaux susceptibles de créer des points chauds dans ces zones fait l'objet d'un permis de feu, délivré et dûment signé par l'exploitant ou par la personne qu'il a nommément désignée et par le personnel devant exécuter les travaux.

**Art. 5. −** Tout événement susceptible de constituer un précurseur d'explosion ou d'incendie est consigné dans un registre tenu à la disposition de l'inspection des installations classées. L'exploitant réalise annuellement une analyse des causes possibles de ces événements afin de prévenir l'apparition d'accidents. Cette analyse est tenue à la disposition de l'inspection des installations classées.

## TITRE III
## IMPLANTATION ET AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL

**Art. 6. −** Les installations nouvelles sont implantées à une distance d'au moins 10 mètres des limites de propriété.

**Art. 7. −** Sans préjudice de réglementations spécifiques, toutes dispositions sont prises afin que les personnes non autorisées ou en dehors de toute surveillance ne puissent pas avoir accès aux installations (par exemple : clôture, panneaux d'interdiction de pénétrer, procédures d'identification à respecter).

## TITRE IV
## COMPORTEMENT AU FEU DES BÂTIMENTS ET ACCESSIBILITÉ

**Art. 8. −** Les structures porteuses abritant l'installation présentent la caractéristique de réaction au feu minimale suivante : matériaux de classe A1.

Les bâtiments abritant l'installation présentent les caractéristiques de résistance au feu minimales suivantes :

– murs et murs séparatifs REI 120 ;

– planchers EI 120 et structures porteuses de planchers R 120 ;

– portes et fermetures résistantes au feu (y compris celles comportant des vitrages et des quincailleries) et leurs dispositifs de fermeture EI 120.

**Art. 9. −** Les installations sont équipées en partie haute de dispositifs permettant l'évacuation naturelle des fumées, gaz de combustion, chaleur et produits imbrûlés dégagés en cas d'incendie (lanterneaux en toiture, ouvrants en façade ou tout autre dispositif équivalent). Les exutoires à commandes automatiques ou manuelles font partie de ces dispositifs.

Les dispositifs d'évacuation naturelle de fumées et de chaleur sont conformes aux normes en vigueur et sont adaptés aux risques particuliers de l'installation.

La surface utile d'ouverture de l'ensemble des exutoires (y compris les dispositifs d'évacuation naturelle de fumées et de chaleur) n'est pas inférieure à :

– 2 % de la superficie des locaux, si celle-ci est inférieure à 1 600 mètres carrés ;

– une valeur à déterminer selon la nature des risques si la superficie à désenfumer est supérieure à 1 600 mètres carrés, sans pouvoir être inférieure à 2 % de la superficie totale des locaux.

En exploitation normale, le réarmement (fermeture) des exutoires à commandes automatiques ou manuelles est possible depuis le sol ou depuis la zone à désenfumer. Les commandes d'ouverture manuelle sont placées à proximité des accès.

Ces dispositifs présentent, en référence à la norme NF EN 12 101-2, version octobre 2003, les caractéristiques suivantes :

– système d'ouverture de type B (ouverture + fermeture) ;

– fiabilité : classe RE 300 (300 cycles de mise en sécurité). Les exutoires bi-fonction sont soumis à 10 000 cycles d'ouverture en position d'aération ;
– la classification de la surcharge neige à l'ouverture est SL 250 (25 daN/$m_2$) pour des altitudes inférieures ou égales à 400 mètres et SL 500 (50 daN/$m_2$) pour des altitudes supérieures à 400 mètres et inférieures ou égales à 800 mètres. La classe SL 0 est utilisable si la région d'implantation n'est pas susceptible d'être enneigée ou si des dispositions constructives empêchent l'accumulation de la neige. Au-dessus de 800 mètres, les exutoires sont de la classe SL 500 et installés avec des dispositions constructives empêchant l'accumulation de la neige ;
– classe de température ambiante T (00) ;
– classe d'exposition à la chaleur B 300.
Des amenées d'air frais d'une surface libre égale à la surface géométrique de l'ensemble des dispositifs d'évacuation sont réalisées en partie inférieure des locaux.
**Art. 10. –** L'installation dispose en permanence d'un accès pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. On entend par accès au dépôt une ouverture reliant la voie publique et l'intérieur du site suffisamment dimensionnée pour permettre l'entrée des engins de secours.
Les véhicules dont la présence est liée à l'exploitation de l'établissement stationnent sans occasionner de gêne pour l'accessibilité des engins des services de secours depuis les voies de circulation externes au dépôt, même en dehors des heures d'exploitation et d'ouverture du dépôt.
Une voie « engins » au moins est maintenue dégagée pour la circulation sur le périmètre du dépôt et est positionnée de façon à ne pouvoir être obstruée par l'effondrement de tout ou partie du dépôt.
Cette voie « engins » respecte les caractéristiques suivantes :
– la largeur utile est au minimum de 3 mètres, la hauteur libre au minimum de 3,50 mètres et la pente inférieure à 15 % ;
– dans les virages de rayon intérieur inférieur à 50 mètres, un rayon intérieur R minimal de 11 mètres est maintenu et une surlargeur de S = 15/R mètres est ajoutée ;
– la voie résiste à la force portante calculée pour un véhicule de 160 kN avec un maximum de 90 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,60 mètres au maximum ;
– chaque point du périmètre du dépôt est à une distance maximale de 60 mètres de cette voie ;
– aucun obstacle n'est disposé entre le dépôt et la voie « engins ».
En cas d'impossibilité de mise en place d'une voie « engins » permettant la circulation sur l'intégralité du périmètre du dépôt et si tout ou partie de la voie est en impasse, les 40 derniers mètres de la partie de la voie en impasse sont d'une largeur utile minimale de 7 mètres et une aire de retournement de 10 mètres de diamètre est prévue à son extrémité.
Pour permettre le croisement des engins de secours, tout tronçon de voie « engins » de plus de 100 mètres linéaires dispose d'au moins deux aires dites « de croisement », judicieusement positionnées, dont les caractéristiques sont :
– largeur utile minimale de 3 mètres en plus de la voie « engins »;
– longueur minimale de 10 mètres présentant *a minima* les mêmes qualités de pente, de force portante et de hauteur libre que la voie « engins ».
Pour tout dépôt en bâtiment de hauteur supérieure à 15 mètres, au moins une façade est desservie par au moins une voie « échelle » permettant la circulation et la mise en station des échelles aériennes.
Depuis cette voie, une échelle accédant à au moins toute la hauteur du bâtiment peut être disposée. La voie respecte par ailleurs les caractéristiques suivantes :
– la largeur utile est au minimum de 4 mètres, la longueur de l'aire de stationnement au minimum de 10 mètres, la pente au maximum de 10 % ;
– dans les virages de rayon intérieur inférieur à 50 mètres, un rayon intérieur R minimal de 11 mètres est maintenu et une surlargeur de S = 15/R mètres est ajoutée ;
– aucun obstacle aérien ne doit gêner la manœuvre de ces échelles à la verticale de l'ensemble de la voie ;
– la distance par rapport à la façade est de 1 mètre minimum et 8 mètres maximum pour un stationnement parallèle au bâtiment et inférieure à 1 mètre pour un stationnement perpendiculaire au bâtiment ;
– la voie résiste à la force portante calculée pour un véhicule de 160 kN avec un maximum de 90 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,60 mètres au maximum et présente une résistance au poinçonnement minimale de 80 N/$cm_2$.

Par ailleurs, pour tout dépôt couvert de plusieurs niveaux possédant au moins un plancher situé à une hauteur supérieure à 8 mètres par rapport au niveau d'accès des secours, sur au moins deux façades, une voie « échelle » permet d'accéder à des ouvertures.
Cette voie « échelle » respecte les caractéristiques décrites précédemment.
Ces ouvertures permettent au moins un accès par étage pour chacune des façades disposant de voie « échelle » et présentent une hauteur minimale de 1,80 mètre et une largeur minimale de 0,9 mètre. Les panneaux d'obturation ou les châssis composant ces accès doivent s'ouvrir et demeurer toujours accessibles de l'extérieur et de l'intérieur. Ils doivent être aisément repérables de l'extérieur par les services de secours.
A partir de chaque voie « engins » ou « échelle » est prévu :
– pour un dépôt couvert, un accès à toutes les issues du bâtiment par un chemin stabilisé de 1,40 mètre de large au minimum ;
– pour un dépôt extérieur, un chemin stabilisé de 1,40 mètre de large au minimum permettant d'accéder en deux endroits différents au dépôt en vue de l'atteindre quelles que soient les conditions de vent.

TITRE V
**PRÉVENTION DES RISQUES D'EXPLOSION**
**ET D'INCENDIE ET MESURES DE PROTECTION**

**Art. 11. –** L'exploitant met en place les mesures de prévention adaptées aux installations et aux produits, permettant de limiter la probabilité d'occurrence d'une explosion ou d'un incendie, sans préjudice des dispositions du code du travail. Il assure le maintien dans le temps de leurs performances.
Dans les locaux de l'établissement susceptibles d'être à l'origine d'un incendie identifiés dans l'étude de dangers, les installations électriques, y compris les canalisations, sont conformes aux prescriptions de l'article 422 de la norme NF C 15-100, version novembre 2008.
Les installations sont efficacement protégées contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, des courants vagabonds et de la foudre.
Les appareils et systèmes de protection susceptibles d'être à l'origine d'explosions, notamment lorsqu'ils ont été identifiés dans l'étude de dangers, au minimum :
– appartiennent aux catégories 1D, 2D ou 3D pour le groupe d'appareils II (la lettre « D » concernant les atmosphères explosives dues à la présence de poussières) telles que définies dans le décret du 19 novembre 1996 susvisé ;
– ou disposent d'une étanchéité correspondant à un indice de protection IP 5X minimum (enveloppes « protégées contre les poussières » dans le cas de poussières isolantes, norme NF 60-529), et possèdent une température de surface au plus égale au minimum : des deux tiers de la température d'inflammation en nuage, et de la température d'inflammation en couche de 5 mm diminuée de 75 $^{o}$C.
L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées un rapport annuel. Ce rapport est constitué des pièces suivantes :
– l'avis d'un organisme compétent sur les mesures prises pour prévenir les risques liés aux effets de l'électricité statique et des courants vagabonds ;
– l'avis d'un organisme compétent sur la conformité des installations électriques et du matériel utilisé aux dispositions du présent arrêté.
Un suivi formalisé de la prise en compte des conclusions du rapport est tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.
Un programme de maintenance est mis en place, permettant de prévenir les sources d'inflammation d'origine mécanique.

**Art. 12. –** L'exploitant met en place les mesures de protection adaptées aux installations permettant de limiter les effets d'une explosion et d'en empêcher sa propagation, sans préjudice des dispositions du code du travail. Il assure le maintien dans le temps de leurs performances.
Les lignes d'équipements de manutention (élévateurs, transporteurs, dépoussiéreurs, nettoyeurs, séparateurs, broyeurs) sont au minimum rendues aussi étanches que possible et sont équipées d'une aspiration ou sont mises en dépression, afin de limiter les émissions de poussières inflammables.
Dans le cas où l'étanchéité des équipements ne serait pas techniquement réalisable, d'autres moyens techniques adaptés permettant de limiter les émissions de poussières peuvent être autorisés par le préfet après justification.
L'exploitant remet également une étude technico-économique proposant des moyens techniques pour réduire les effets des explosions et éviter leur propagation par :

– la mise en place de surfaces éventables ou un dimensionnement des équipements qui résiste à l'explosion ou la mise en place de dispositifs de suppression de l'explosion ;
– la mise en place d'un découplage permettant d'éviter que l'explosion ne se propage dans une canalisation ou par une alimentation ou la pose d'un dispositif d'isolation de l'explosion.
Les transporteurs à bandes sont équipés de bandes non propagatrices de la flamme.
**Art. 13. –** L'établissement est pourvu en moyens de lutte contre l'incendie adaptés aux risques encourus, en nombre suffisant et correctement répartis sur la superficie à protéger, *a minima :*
– d'un ou plusieurs appareils d'incendie (bouches, poteaux, par exemple) implantés de telle sorte que tout point de la limite du dépôt se trouve à moins de 100 mètres d'un appareil. Ce réseau d'eau, public ou privé, permet de fournir en toutes circonstances un débit minimal de 60 $m_3$/h pendant deux heures et la quantité d'eau d'extinction et de refroidissement nécessaires en fonction des risques présentés par l'établissement. A défaut, une réserve d'eau destinée à l'extinction est accessible en toutes circonstances et à une distance du dépôt permettant l'intervention des services départementaux d'incendie et de secours. Cette distance est fixée après avis des services départementaux d'incendie et de secours ;
– et d'extincteurs répartis à l'intérieur des locaux, sur les aires extérieures et les lieux présentant des risques spécifiques, à proximité des dégagements, bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre et compatibles avec les produits stockés ;
– et d'un moyen permettant d'alerter les services d'incendie et de secours.
Les canalisations constituant le réseau d'incendie sont indépendantes du réseau d'eau industrielle. Leurs sections sont calculées pour obtenir les débits et pressions nécessaires en n'importe quel emplacement.
Les emplacements des bouches d'incendie, des colonnes sèches ou des extincteurs sont matérialisés sur les sols et bâtiments (par exemple, au moyen de pictogrammes). Les bouches, poteaux incendie ou prises d'eau diverses qui équipent le réseau sont protégés contre le gel et sont munis de raccords normalisés. Ils sont judicieusement répartis dans l'installation. Ces équipements sont accessibles en toute circonstance.
Le réseau d'eau incendie est conforme aux normes et aux réglementations en vigueur.
Les installations de protection contre l'incendie sont correctement entretenues et maintenues en bon état de marche. Elles font l'objet de vérifications périodiques.
Des procédures d'intervention pour la gestion des situations d'urgence sont rédigées par l'exploitant et communiquées aux services de secours. Elles comportent notamment :
– le plan des installations avec indication :
– des phénomènes dangereux (incendie, explosion, etc.) susceptibles d'apparaître ;
– les moyens de lutte contre l'incendie ;
– les dispositifs destinés à faciliter l'intervention des services d'incendie et de secours ;
– les stratégies d'intervention de l'exploitant en cas de sinistre.
Les éléments d'information nécessaires à l'évacuation du personnel et à l'intervention des services de secours sont affichés en des endroits fréquentés par le personnel. De plus, ils sont matérialisés de manière apparente.
**Art. 14. –** Les corps étrangers qui pourraient nuire au bon fonctionnement de la ligne de production sont séparés et éliminés en amont des machines concourant à la transformation des produits mis en œuvre.
**Art. 15. –** Tous les locaux occupés par du personnel sont débarrassés régulièrement des poussières recouvrant le sol, les parois, les chemins de câbles, les gaines, les canalisations, les appareils et les équipements et toutes les surfaces susceptibles d'en accumuler.
La fréquence des nettoyages est fixée sous la responsabilité de l'exploitant et précisée dans les procédures d'exploitation. Les dates de nettoyage sont indiquées sur un registre tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.
Le nettoyage est réalisé à l'aide d'appareils qui présentent toutes les garanties de sécurité nécessaires pour éviter l'incendie et l'explosion.
L'utilisation de balais ou d'air comprimé ne se produit qu'à titre exceptionnel et fait l'objet de consignes particulières.
**Art. 16. –** L'exploitant s'assure périodiquement que les conditions de stockage des produits (durée, taux d'humidité, température, etc.) n'entraînent pas des dégagements de gaz inflammables et de risques d'autoéchauffement.
La température des produits stockés susceptibles de fermenter est contrôlée par des systèmes de surveillance appropriés et adaptés aux installations et correctement répartis. Dans ce cas, les relevés de température donnent lieu à un enregistrement.

**Art. 17. –** Les filtres à manche identifiés par l'étude de dangers comme pouvant être à l'origine d'un accident majeur sont protégés par des évents (sauf impossibilité technique), qui, dans la mesure du possible, ne débouchent pas sur des zones où peuvent circuler des personnes, qu'il s'agisse du personnel du site ou des riverains.

Les systèmes de dépoussiérage et de transport des produits sont conçus de manière à limiter les émissions de poussières. Ils sont équipés de dispositifs permettant la détection immédiate d'un incident de fonctionnement et l'arrêt de l'installation.

Les installations de manutention sont asservies au système d'aspiration avec un double asservissement : elles ne démarrent que si le système d'aspiration est en fonctionnement, et, en cas d'arrêt du système d'aspiration, le circuit passe immédiatement en phase de vidange et s'arrête une fois la vidange terminée, ou s'arrête en cas d'arrêt du système d'aspiration, après une éventuelle temporisation adaptée à l'exploitation.

TITRE VI

**MODALITÉS ET DÉLAIS D'APPLICATION**

**Art. 18. –** Le présent arrêté est applicable aux installations nouvelles autorisées postérieurement à la date de publication au *Journal officiel* de la République française du présent arrêté augmentée de six mois ainsi qu'aux installations existantes faisant l'objet d'une nouvelle autorisation en application des dispositions de l'article L. 512-15 du code de l'environnement, postérieurement à la date de publication au *Journal officiel* de la République française augmentée de six mois du présent arrêté.

**Art. 19. –** Les dispositions des articles 1er et 15 du présent arrêté sont applicables aux installations existantes, postérieurement à la date de publication du présent arrêté au *Journal officiel* de la République française augmentée de six mois.

Les dispositions des articles 4, 5 et 7 du présent arrêté sont applicables aux installations existantes dans un délai d'un an à compter de sa publication.

Les dispositions des articles 2, 3 et 14 du présent arrêté sont applicables aux installations existantes dans un délai de deux ans à compter de sa publication.

Les dispositions des articles 11, 12, 13, 16 et 17 du présent arrêté sont applicables aux installations existantes dans un délai de trois ans à compter de sa publication.

Les dispositions des articles 6, 8, 9 et 10 ne sont pas applicables aux installations existantes.

**Art. 20. –** Le préfet peut, pour les installations existantes qui font l'objet de modifications nécessitant une nouvelle demande d'autorisation conformément aux dispositions combinées des articles L. 512-15 et R. 512-33 du code de l'environnement, adapter par arrêté les dispositions des articles 8, 9 et 10 du présent arrêté au regard des circonstances locales et particulières du site.

**Art. 21. –** Le directeur général de la prévention des risques est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 18 février 2010.
Pour le ministre et par délégation :
*Le directeur général*
*de la prévention des risques,*
L. MICHEL

# Guide Atex Première partie:

## Méthode pour la définition des zones en meunerie

(modifié en mars 2006)

Le classement des « zones à atmosphère explosive » a pour but la **protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs** susceptibles d'être exposés à ce risque.
Il est directement issu de la directive européenne 1999/92/CE qui a été introduite dans le code du travail (Annexe I) et transcrite en 3 arrêtés et il permet de prendre les mesures nécessaires pour limiter, sinon éviter le risque d'explosion.
Le classement des « zones à atmosphère explosive » amène la vérification du matériel électrique et mécanique en terme de niveau de protection adapté.
Les caractéristiques du matériel doivent être adaptées à la zone et conformes à celles définies par la réglementation.

L'obligation pour le chef d'entreprise de procéder à l'évaluation des risques spécifiques créés par les ATmosphères EXplosives (ATEX), incluant le classement des « zones à atmosphère explosive », est **applicable au 30 juin 2003** (voir circulaire n°4448).

Cette réglementation**,** étant introduite dans le code du travail, **concerne l'ensemble des entreprises de meunerie**, et pas uniquement celles déclarées ou autorisées comme Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
En complément des DRIRE, les **Inspecteurs du travail** sont maintenant aussi en charge du risque d'explosion de poussières.

Le classement des zones doit être **réévalué lors d'une modification** de l'aménagement des locaux ou des mesures organisationnelles.

Il faut noter que les résultats de l'évaluation des zones doivent être introduits dans le **document unique pour les risques professionnels**.

Réglementairement, la définition des « zones à atmosphère explosive » reste
**sous la responsabilité du chef d'établissement.**

Ce guide propose une méthode à suivre pour définir les
**« zones à atmosphère explosible » en meunerie**.

# 1. Inflammabilité et explosivité des poussières de blés et farines

Les poussières de blés, et de farines (mais aussi d'issues) sont **combustibles**. Dans une atmosphère normale (air ambiant) et en présence d'une source d'inflammation, elles peuvent s'enflammer et brûler plus ou moins rapidement.

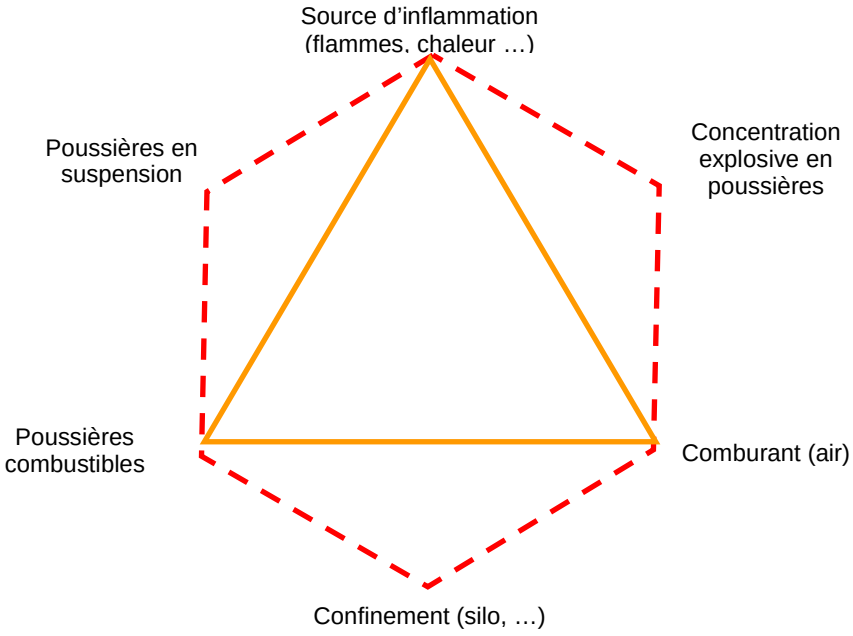
*Combustible (poussières) + Comburant (air) + Source d'inflammation*
*sont les 3 conditions qui constituent le triangle du feu.*

Une **explosion de poussières** est définie comme la combustion rapide d'un mélange air et poussière dans un espace confiné.

Pratiquement pour qu'une explosion se déclenche :
- le combustible doit être **en nuage**,
- **la concentration** de poussières doit atteindre un seuil minimum d'explosivité,

Et toutes ces conditions doivent être réunies dans un **volume confiné** ou partiellement confiné.

Associées aux conditions du **triangle du feu**, elles constituent **l'hexagone de l'explosion**.




Lorsqu'une explosion de poussières se déclenche à l'intérieur d'un volume, le nuage de poussières inflammables est mis en contact avec une source de chaleur suffisamment intense qui provoque son inflammation.
Le phénomène se propage de proche en proche transformant les mélanges froids en produits de combustion chauds (1000 à 2000°C). L'augmentation de température qui s'en suit est responsable des effets de la **pression** en milieu confiné, observés lors d'une explosion.

On distingue 2 types d'explosions de poussières :

- **l'explosion primaire** est l'explosion initiale produite à la suite de l'inflammation d'un nuage de poussières
- **l'explosion secondaire** est déclenchée par la propagation d'un front de flamme, dans une atmosphère explosive, créée par la **mise en suspension de dépôt de poussières**, par action de l'onde de pression provenant d'une explosion primaire.

➢ **NB :**

La formation d'un nuage de poussières (pré-condition à une explosion primaire) peut être produite soit par une fuite de produit d'un appareil (de manutention ou de traitement) mais aussi par la mise en suspension (lente ou rapide, par courant d'air, ou autre…) de poussières en couche sur le sol et/ou sur les murs.

On entend par « atmosphère explo**sive** » un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillard ou poussières dans lequel, après inflammation la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.

On entend par « atmosphère explo**sible** » une atmosphère **susceptible** de devenir explosive du fait des conditions particulières liées à chaque site.

Dans le cadre de ce document, nous retiendrons les valeurs moyennes suivantes :
- La poussière de blé ou farine est explosive **en nuage** à partir de **60 g/m$^3$** *et jusqu'à* ***4750 g/m$^3$***.
- La poussière de blé ou farine **en dépôt** (au sol, sur les murs, les charpentes, etc…) est susceptible d'alimenter une explosion secondaire à partir de **50 g/m$^2$**.

## 2. Méthode pour la détermination des zones à atmosphère explosible

L'élaboration de la méthode de classification des « zones à atmosphère explo**sible** » s'appuie sur la Norme AFNOR sur les appareils et le classement des emplacements où des poussières combustibles peuvent être présentes (Annexe I).

**Engagement dans une analyse fonctionnelle**

Une **analyse fonctionnelle** permet de prendre en compte les spécificités de chaque site.
Le classement des zones peut s'avérer être plus finement défini après l'analyse fonctionnelle et concrètement **moins restrictif** que le guide « silos farine » de l'INRS.

Le guide « silos farine » de l'INRS donne une solution globale de classement des emplacements en zones pour la meunerie.
Il en résulte que la quasi-totalité des emplacements est considérée comme « zone explosible ».
Le chef d'établissement peut opter pour cette solution plus rapide mais à terme plus lourde de conséquences au regard des mises en conformité du matériel.

Nous décrivons dans ce guide une méthode qui permet de réaliser cette analyse fonctionnelle, sachant qu'un **engagement de la direction** de l'entreprise et un **investissement en temps et/ou en moyens** est nécessaire.

**Présentation de la méthode dans son ensemble**

L'analyse fonctionnelle comporte essentiellement **3 Parties** :

1. Identification de tous **les locaux** et/ou **emplacements** et/ou **volumes bâtis** contenant des poussières de blés, de farines et/ou d'issues puis détermination de façon exhaustive, s'ils présentent une « Atmosphère Explosible ».

2. Identification de **tous les matériels** et/ou **équipements** et/ou **appareils** (fermés ou non) contenant des blés, des farines et/ou des issues et étant donc susceptibles soit, à l'intérieur d'eux-mêmes, de présenter une « Atmosphère Explosible », soit, extérieurement de générer une « source de dégagement de poussières ».

3. Identification de **toutes les sources de dégagement de poussières** possibles et susceptibles d'être faites par les matériels identifiés et étant à l'intérieur d'un ou de plusieurs volumes identifiés.

Arbre de décision

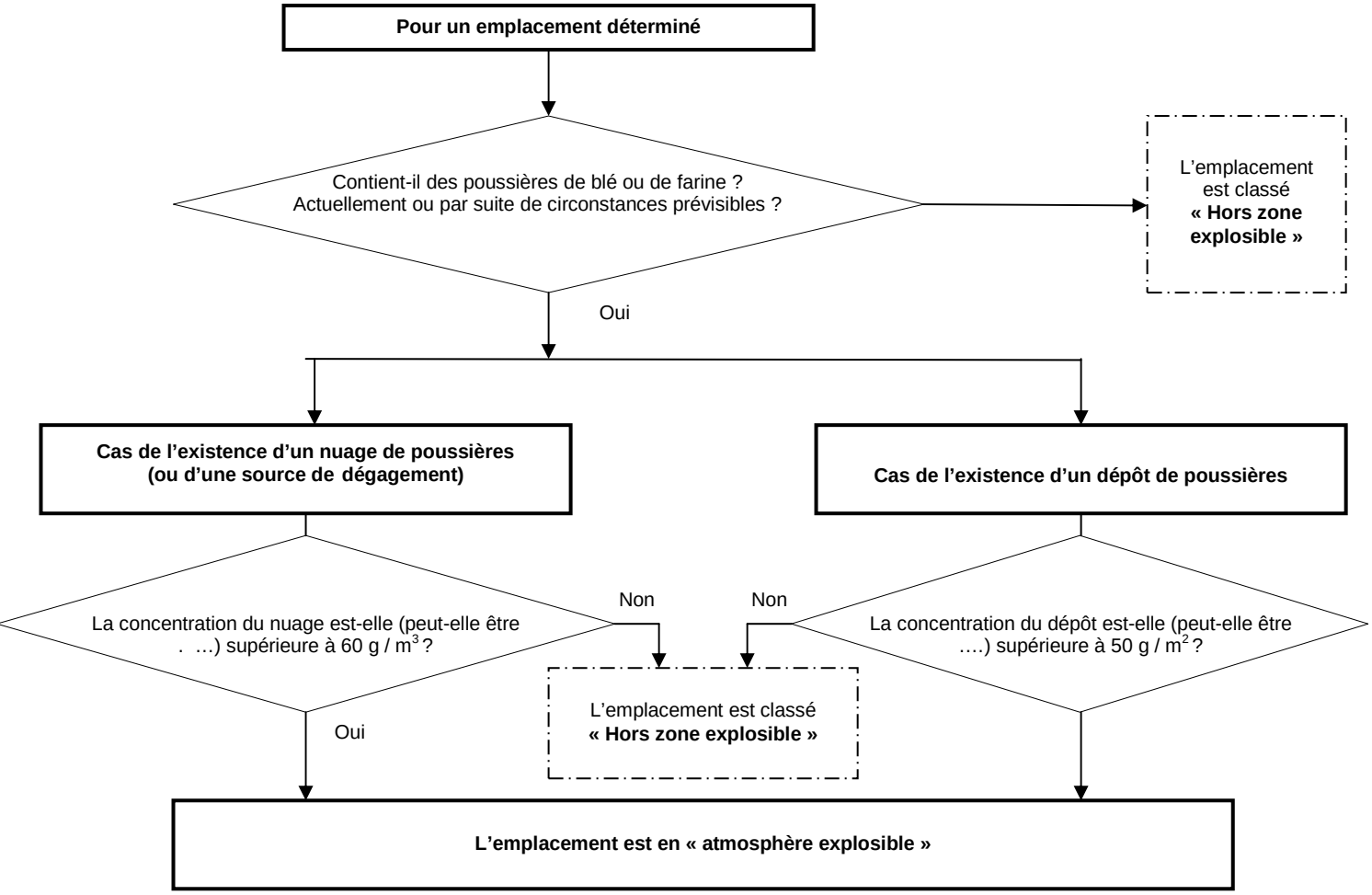
Voir Annexe II

Dans un premier temps, il s'agit de déterminer **si l'atmosphère est « explosible »**.
Une atmosphère explosible peut être créée soit par un **nuage de poussières** soit par un **dépôt de poussières susceptible de se mettre en suspension**.

C'est essentiellement la poussière (et les conditions dans laquelle elle se trouve) qui détermine une « zone à atmosphère explosible » étant donné que : le comburant (air) est permanent et que la source d'inflammation est le facteur déclenchant de l'accident.

Il convient d'identifier les endroits où la poussière peut être présente, considérant que les autres conditions d'explosibilité pourraient être réunies.
Il faut extrapoler toutes les situations, en fonction des différentes possibilités de fonctionnement : **fonctionnement normal, dysfonctionnement** (fonctionnement dégradé, panne partielle, fonctionnement anormal), et **phase de démarrage**.

La première partie de l'arbre de décision reprend les différentes possibilités aboutissant à une atmosphère explosible :


Pour un emplacement déterminé
Contient-il des poussières de blé ou de farine ?
Actuellement ou par suite de circonstances prévisibles ?
L'emplacement est classé « Hors zone explosible »
Oui
Cas de l'existence d'un nuage de poussières (ou d'une source de dégagement)
Cas de l'existence d'un dépôt de poussières
La concentration du nuage est-elle (peut-elle être . …) supérieure à 60 g / m3 ?
La concentration du dépôt est-elle (peut-elle être ….) supérieure à 50 g / m2 ?
Non
Non
L'emplacement est classé « Hors zone explosible »
Oui
L'emplacement est en « atmosphère explosible »

**Cas de l'existence d'un nuage de poussières**

Pour atteindre 60 g de poussières / $m^3$, le nuage de poussières doit être d'une opacité réelle, c'est-à-dire que l'opacité soit totale au-delà de 1 mètre. Il doit être « tangible » et « visible ». S'il est probable d'atteindre cette situation, l'emplacement est une « atmosphère explosible ».

**Cas de l'existence d'un dépôt de poussières**

Un dépôt de poussières sur les sols et/ou sur les murs se qualifie et quantifie en fonction des critères suivants :

- Une **couche suffisante** se quantifie par une mesure directe des poussières présentes. La quantité de poussière peut être appréciée à partir d'une surface de 1 X 1 m juste avant un nettoyage. Si la pesée (sur une balance de précision) de la quantité de poussière déposée est supérieure à 50 g, on considère que la couche est suffisante.
- Une **présence pérenne** s'apprécie soit si le niveau de couche dépasse 50 g/m² avant chaque nettoyage, soit si les dépôts ponctuels et accidentels (mais + important que 50 g/m²) ne sont pas éliminés systématiquement après l'opération génératrice du dépôt. La fréquence d'entretien du local est déterminante vis-à-vis de l'importance du taux de déposition des poussières.
- Une possibilité de **remise en suspension** en fonctionnement normal ou en cas de dysfonctionnement qui permettrait la formation du nuage de poussières.

**Le 1er critère associé à l'un des 2 autres classe la zone en « atmosphère explosible » .**

**Hors zone explosible**

La Norme (Annexe I) permet de considérer qu'un emplacement est « Hors zone explosible » lorsque les poussières combustibles sous forme de nuage ne seront pas présentes en quantités telles qu'il serait nécessaire de prendre des précautions particulières pour la construction, l'installation et l'utilisation des appareils.

Tout scénario de dégagement de poussières purement accidentel et/ou sans référence connue ne peut être que considéré comme improbable et donc l'emplacement « hors zone explosible ».

**Pour chacune des « atmosphères explosibles »** retenues, il faut déterminer **dans quelle zone** elle doit être classée parmi les 3 définies par la réglementation :

***Zone 20*** *: emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.*

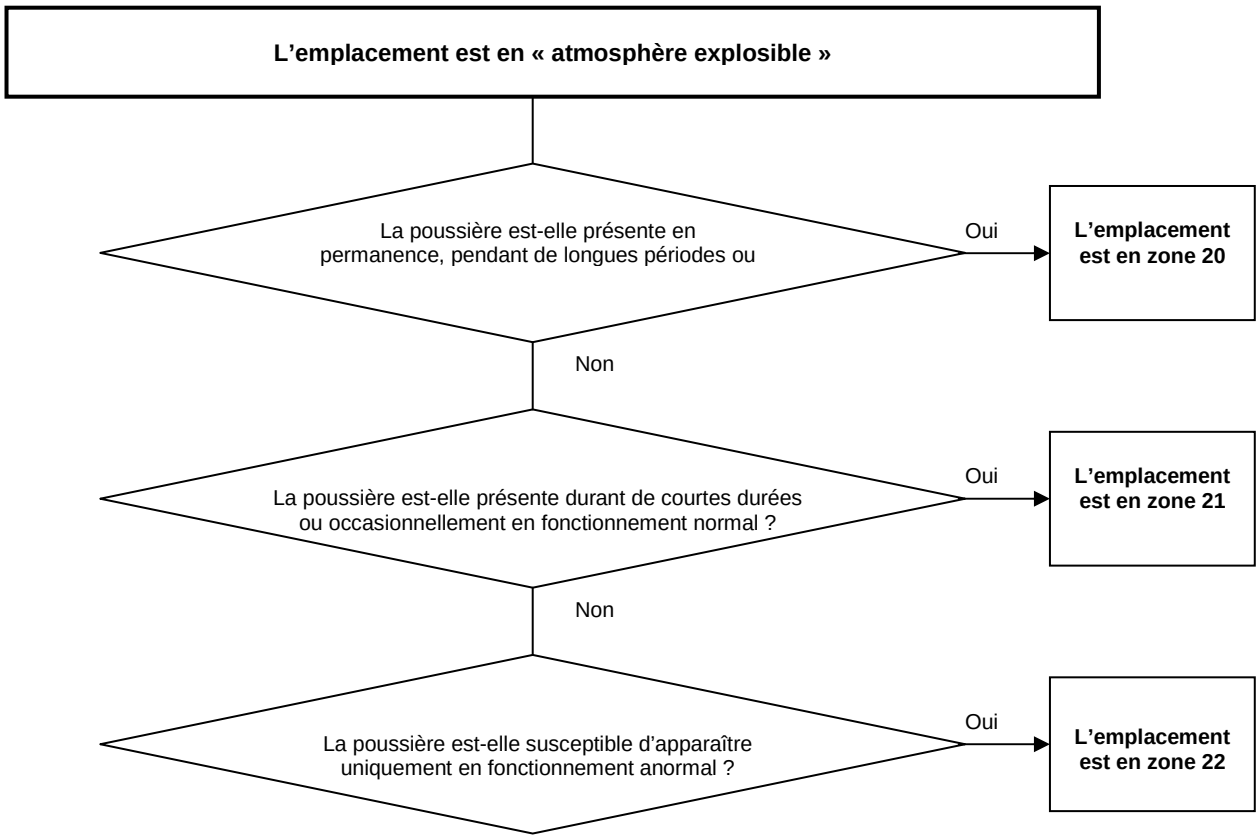
***Zone 21 :*** *emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal*

***Zone 22*** *: emplacement où une atmosphère explosive sous forme d'un nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.*

Dans ce document, nous décidons d'apprécier les termes de classement comme suit :

| Zones | Termes réglementaires | Quantifications choisies |
|---|---|---|
| 20 | En permanence | Sans interruption, 24 h / 24 & 365 j / an |
| | longue période | Supérieur à 1000 h soit plus d 'un mois et ½ |
| | fréquemment | Tous les jours |
| 21 | occasionnellement en fonctionnement normal | Pour un fonctionnement continu, 1 à 2 fois / semaine |
| 22 | pas susceptible de se former en fonctionnement normal | Peut se former en fonctionnement anormal ou en cas de dysfonctionnement |
| | de courte durée | Inférieure à 1 heure |

Si les zones ont été retenues comme « emplacement à atmosphère explosible », l'arbre de décision peut être complété par :


L'emplacement est en « atmosphère explosible »
La poussière est-elle présente en permanence, pendant de longues périodes ou
Oui
L'emplacement est en zone 20
Non
La poussière est-elle présente durant de courtes durées ou occasionnellement en fonctionnement normal ?
Oui
L'emplacement est en zone 21
Non
La poussière est-elle susceptible d'apparaître uniquement en fonctionnement anormal ?
Oui
L'emplacement est en zone 22

- **NB** :
  Ce classement des « zones à atmosphère explosible » est un classement par ordre de probabilité. Plus le risque d'explosivité est susceptible de se présenter (occurrence du risque), plus la zone est exigeante en matière de protection du matériel.

## 3. Méthode appliquée aux Locaux

**L'inventaire exhaustif**

Lister précisément tous les locaux / emplacements / volumes bâtis.

Lister tous les emplacements où de la poussière a déjà été repérée : en fonctionnement normal, dysfonctionnement et phase de démarrage.
Ne pas oublier le dessus des armoires ou machines, les recoins, les charpentes…

Les cellules (blé, farine, issues, etc.) ont fréquemment une interaction avec les locaux sur lesquels elles débouchent (comme source d'émission de poussières) et font elles-mêmes partie du process. Dans le cadre de ce document, elles seront traitées comme « appareils / matériels / équipements » et non comme des « locaux ».
Les cellules (blé, farine, issues, etc.) sont par nature classées « en atmosphères explosibles » néanmoins il y aura lieu de préciser la zone dans laquelle elles sont à classer.

Les galeries inférieures ou supérieures ainsi que la tour de manutention sont identifiées comme locaux / volumes bâtis.

**Exemple d'application**

Voir Annexe III

# Annexe I : Réglementation et Documents de référence

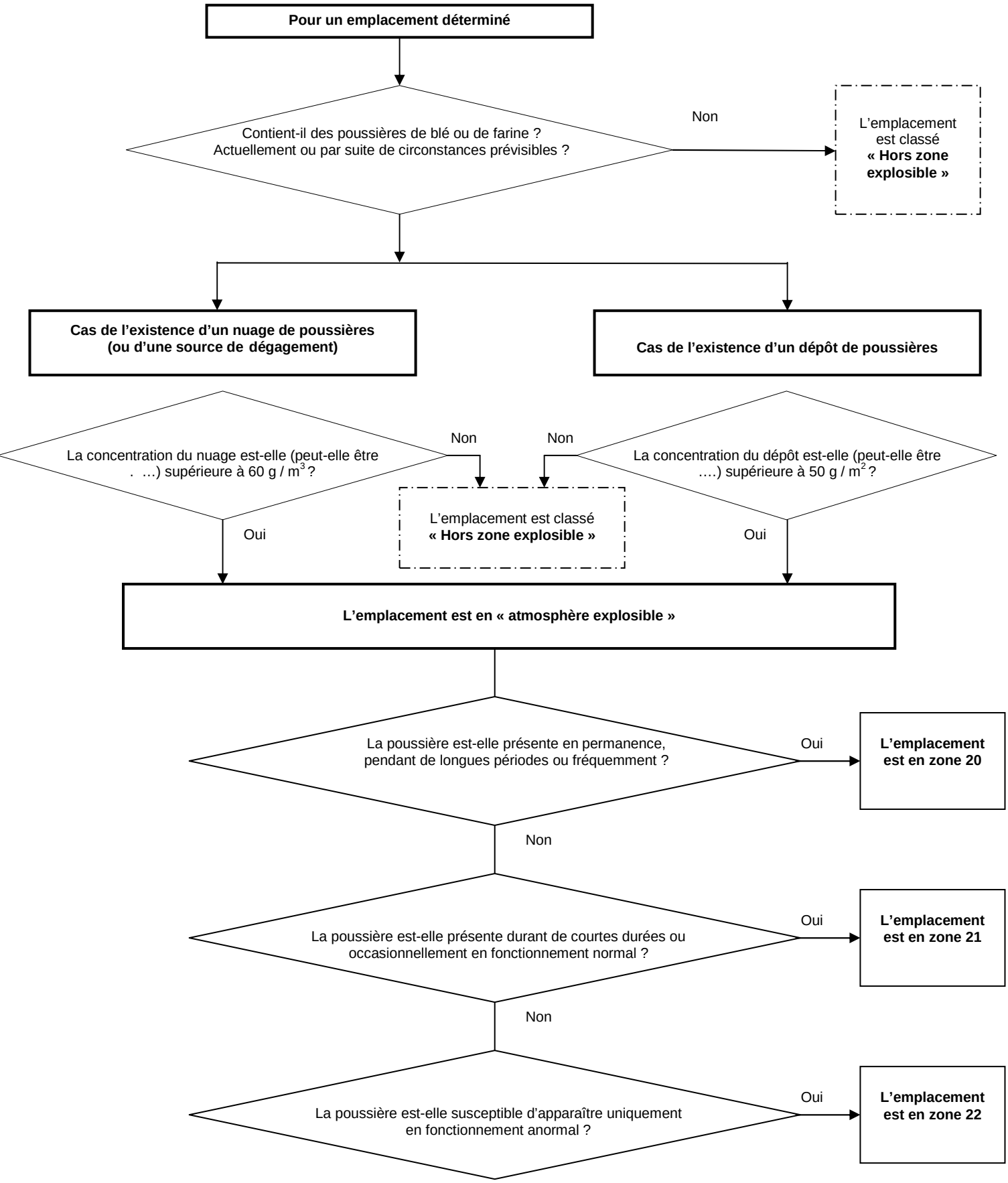
- **Réglementation européenne** :
  - Directive 94/9/CE du 23 mars 1994 concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles
  - Directive 1999/92/CE du 16 décembre 1999, dite directive ATEX, concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives.
- **Réglementation française** :
  - Décret 96-1010 du 19 novembre 1996 relatif aux appareils et système de protections destinés à être utilisés en atmosphères explosibles.
  - Décret 2001-1016 du 5 novembre 2001 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs et modifiant le code du travail.
  - Décret 2002-1553 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail et modifiant le code du travail.
  - Décret 2002-1554 du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction des lieux de travail et modifiant le code du travail.
  - 2 arrêtés du 8 juillet 2003 et 1 arrêté du 28 juillet 2003.

- **Norme Française** NF EN 50281 –3 « *Appareils pour utilisation en présence de poussières combustibles, classement des emplacements où des poussières combustibles peuvent être présentes* ».

- **Silos farines :** *prévention des risques d'incendie et d'explosion de poussières de farine lors du stockage*, juillet 2001, INRS (institut national de recherche et de sécurité).

- **Evaluation des risques professionnels en Meunerie** *: Modèle de document unique*, septembre 2002, circulaire ANMF n° 4448.

# Annexe II : Arbre de décision complet


Pour un emplacement déterminé
Contient-il des poussières de blé ou de farine ? Actuellement ou par suite de circonstances prévisibles ?
Non
L'emplacement est classé « Hors zone explosible »
Cas de l'existence d'un nuage de poussières (ou d'une source de dégagement)
Cas de l'existence d'un dépôt de poussières
La concentration du nuage est-elle (peut-elle être . …) supérieure à 60 g / m3 ?
Non
Non
La concentration du dépôt est-elle (peut-elle être ….) supérieure à 50 g / m2 ?
L'emplacement est classé « Hors zone explosible »
Oui
Oui
L'emplacement est en « atmosphère explosible »
La poussière est-elle présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment ?
Oui
L'emplacement est en zone 20
Non
La poussière est-elle présente durant de courtes durées ou occasionnellement en fonctionnement normal ?
Oui
L'emplacement est en zone 21
Non
La poussière est-elle susceptible d'apparaître uniquement en fonctionnement anormal ?
Oui
L'emplacement est en zone 22

# Annexe III : Exemples d'application de la méthode pour les locaux

Dans le cadre de l'inventaire exhaustif des locaux, les questions suivantes permettent de préparer l'analyse fonctionnelle.
Un exemple de tableau permettant de formaliser rapidement les réponses est repris en Annexe IV.

Exemple : Salle des appareils à cylindres

1 - Identification précise de **l'emplacement ?**

- 2ème Etage, salle des Appareils à cylindres,

2- L'emplacement est-t-il susceptible de contenir des **poussières de blés, de farines et/ou d'issues ?**

- Oui

**3- Sous quelle forme les poussières se présentent ?**
(*Atmosphère, Couche uniforme et/ou Emission ponctuelle* )

- Légère Couche uniforme par terre et sur les matériels

**4- Quand la poussière est-elle repérée ?**
(*en fonctionnement normal, dysfonctionnement, phase de démarrage, ou la situation est improbable*)

- En cas de dysfonctionnement

**5- En quelle quantité la poussière est-elle repérée ?**
(*couche < 50 g/m² ; > 50 g/m² et/ou Atmosphère : < 60 g/m³ ; > 60 g/m³*)

- < 50 g/m² (nous décrivons ici le cas où le nettoyage dans la salle est fréquent)

**6- Application de l'arbre de décision** :

- L'emplacement est Hors zone explosible

| Bâtiment Etage Dénomination | Susceptible de contenir des poussières ? | Sous quelle forme ? | | Quand ? | Quelle quantité ? | Arbre de décision |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2ème étage Salle des Appareils à Cylindres** | **Oui** | **Atmosphère** | Non | | | |
| | | **Couche uniforme** | **Oui** | **dysfonctionnement** | **< 50 g/m²** | **Hors zone explosible *** |
| | | **Emission ponctuelle** | **Non** | | | |

* La salle des appareils à cylindres est globalement hors zone explosible dans le cadre de cet exemple. Mais la présence d'autres appareils dans cette salle sera traitée spécifiquement dans les parties « appareils / matériels / équipement » et « sources de dégagements de poussières ».

# Annexe III : Exemples d'application de la méthode pour les locaux

Exemple : Accès supérieur des silos à blé sale

1 - Identification précise de **l'emplacement ?**

- 5ème Etage, accès supérieur des silos à blé sale (nous décrivons ici le cas d'une galerie fermée sans aspiration)

2- L'emplacement est-t-il susceptible de contenir des **poussières de blés, de farines et/ou d'issues ?**

- Oui

**3- Sous quelle forme les poussières se présentent ?** (*Atmosphère, Couche uniforme et/ou Emission ponctuelle* )

- Couche uniforme par terre, sur les charpentes et les passerelles
- En suspension dans l'atmosphère

**4- Quand la poussière est-elle repérée ?**
(*en fonctionnement normal, dysfonctionnement, phase de démarrage, ou la situation est improbable*)

- Couche uniforme : en fonctionnement normal
- En suspension dans l'atmosphère : en phase de démarrage

**5- En quelle quantité la poussière est-elle repérée ?**
(*couche < 50 g/m² ; > 50 g/m² et/ou Atmosphère : < 60 g/m³ ; > 60 g/m³*)

- Couche uniforme : > 50 g/m2
- En suspension dans l'atmosphère : < 60 g/m3

**6- Application de l'arbre de décision** :

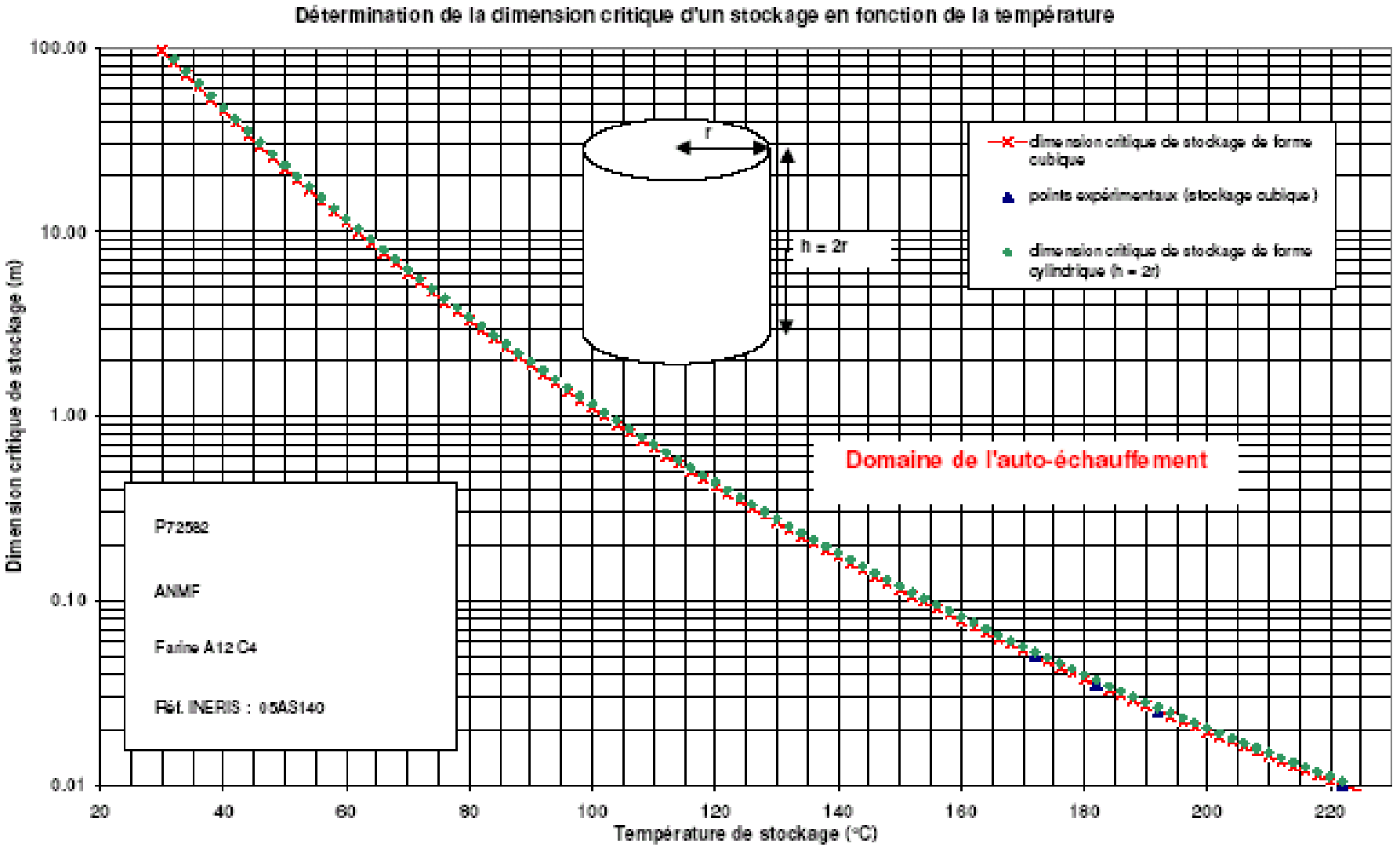
- Couche uniforme : zone explosible : zone 22 car la poussière n'est pas susceptible de mettre en suspension le dépôt dans les conditions de fonctionnement normal (pas de ventilateur, ni moteur, ni courant d'air …)

- En suspension dans l'atmosphère : hors zone explosible

| **Bâtiment Etage Dénomination** | **Susceptible de contenir des poussières ?** | **Sous quelle forme ?** | | **Quand ?** | **Quelle quantité ?** | **Arbre de décision** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **5ème étage accès supérieur des silos à blé sale** | **Oui** | **Atmosphère** | Oui | Phase de démarrage | < 60 g/m³ | **Hors zone explosible** |
| | | **Couche uniforme** | **Oui** | **fonctionnement normal** | **> 50 g/m²** | **Zone 22** |
| | | **Emission ponctuelle** | **Non** | | | |

## Annexe IV : Exemple de tableau  pour l'Analyse fonctionnelle ATEX

| Bâtiment<br>Etage<br>Dénomination | | | Susceptible de contenir des poussières ? | Sous quelle forme ?<br>(Oui /Non) | | Fonctionnement normal | > 50 g/m² | En permanence/Longue Période/Fréquemment | Zone 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | dysfonctionnement | < 50 g/m² | Occasionnellement | Zone 21 |
| | | | | | | Phase de démarrage | > *60 g/m³* | Courte durée / Susceptible d'apparaître en fonctionnement anormal | Zone 22 |
| | | | | | | Situation improbable | < *60 g/m³* | Improbable | Hors Zone explosible |
| | | | Non | | | | | | |
| | | | Oui | Atmosphère | | | | | |
| | | | | Couche uniforme | | | | | |
| | | | | Emission ponctuelle | | | | | |
| | | | | | | | | | |


Détermination de la dimension critique d'un stockage en fonction de la température
Dimension critique de stockage (m)
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
Température de stockage (°C)
r
h = 2r
dimension critique de stockage de forme cubique
points expérimentaux (stockage cubique)
dimension critique de stockage de forme cylindrique (h = 2r)
Domaine de l'auto-échauffement
P72582
ANMF
Farine A12 C4
Réf. INERIS : 05AS140

Les matériels les plus utilisés en meunerie sont analysés vis à vis des déviations dangereuses possibles : les causes possibles et les conséquences prévisibles. Les déviations dangereuses improbables n'apparaissent pas dans les tableaux ci-dessous.
Des exemples de barrières de sécurité (techniques et organisationnelles) pouvant être mis en place sont ensuite listés.

**Elévateurs :**

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Elévateur à godets – Blés sales** | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements sont reliés à la terre.<br>Les sangles sont conformes à la norme NF EN 20-284 (antistatique) afin de limiter l'accumulation de charges électrostatiques. |
| | ②<br>Mauvaise tension, déport, rupture de sangle<br>Frottement de la bande | Usure,<br>Surcharge<br>Mauvaise tension de bande,<br>Déport de bande | Echauffement structurel<br>Feux de bandes | Contrôle auditif (claquement si faible tension).<br>Les élévateurs sont équipés de contrôleurs de rotation, asservis au fonctionnement de l'installation et reliés à une alarme visuelle (facultatif) et de capteurs de déport de sangles si débit > 200 t/h ou hauteur > 30 m,<br>Les sangles sont résistantes à la flamme afin de limiter la propagation du feu (conforme à la norme NF EN 20-340). |
| | ③<br>Frottements mécan. Godets/Bâti<br>Roulements paliers | Mauvaise tension de bande<br>Mauvais réglage de la bavette dans la tête d'élévateur | Production d'étincelles<br>Bourrage | Maintenance et réglages.<br>Les élévateurs sont équipés de contrôleurs de rotation, asservis au fonctionnement de l'installation et reliés à une alarme visuelle (facultatif)<br>Les matériaux de constitution des godets peuvent être non-étincelants (fer doux…)<br>Les paliers sont situés à l'extérieur |
| | ④<br>Emission de Poussières | Hauteur de chute des produits,<br>Bourrage | Création d'une ATmosphère Explosible (interne)<br>ATEX dans la gaine descendante si retour de produit. | Les jetées des élévateurs sont capotées. Elles sont étanches et/ou munies de dispositifs d'aspiration (à la sortie de l'élévateur ou au pied de la gaine montante). La marche des élévateurs est asservie à la marche du système d'aspiration. Faible débit… |
| | Explosion | Conjonction du point ④ avec l'un des 3 premiers | Déchirures : jambes et/ou tête/pieds | Conséquence prévisible acceptable en fonction de l'environnement de l'équipement.<br>Ou mise en place d'un évent. |

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Elévateur à godets – Blés mouillés** | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements sont reliés à la terre.<br>Les sangles sont conformes à la norme NF EN 20-284 (antistatique) afin de limiter l'accumulation de charges électrostatiques. |
| | ②<br>Mauvaise tension, déport, rupture de sangle<br>Frottement de la bande | Usure,<br>Surcharge<br>Mauvaise tension de bande<br>Déport de bande | Echauffement structurel<br>Feux de bandes | Contrôle auditif (claquement si faible tension).<br>Les élévateurs sont équipés de contrôleurs de rotation, asservis au fonctionnement de l'installation et reliés à une alarme visuelle (facultatif) et de capteurs de déport de sangles si débit > 200 t/h ou hauteur > 30 m,<br>Les sangles sont résistantes à la flamme afin de limiter la propagation du feu (conforme à la norme NF EN 20-340). |
| | ③<br>Frottements mécan. Godets/Bâti<br>Roulements paliers | Mauvaise tension de bande | Production d'étincelles | Les matériaux de constitution des godets sont non-étincelants (polymère ou fer doux…)<br>Les paliers sont situés à l'extérieur |

Pour les élévateurs à blés mouillés, le risque d'explosion est improbable et n'apparaît donc pas dans le tableau.

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Elévateur à godets – Produits de mouture** (farine, poussières, remoulages, sons fins) | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements sont reliés à la terre.<br>Les sangles sont conformes à la norme NF EN 20-284 (antistatique) afin de limiter l'accumulation de charges électrostatiques. |
| | ②<br>Mauvaise tension, déport, rupture de sangle<br>Frottement de la bande | Usure,<br>Surcharge<br>Mauvaise tension de bande,<br>Déport de bande | Echauffement structurel<br>Feux de bandes | Contrôle auditif (claquement si faible tension).<br>Les élévateurs sont équipés de contrôleurs de rotation, asservis au fonctionnement de l'installation et reliés à une alarme visuelle (facultatif) et de capteurs de déport de sangles si débit > 200 t/h ou hauteur > 30 m,<br>Les sangles sont résistantes à la flamme afin de limiter la propagation du feu (conforme à la norme NF EN 20-340). |
| | ③<br>Frottements mécan. Godets/Bâti<br>Roulement palier | Mauvaise tension de bande | Production d'étincelles | Les matériaux de constitution des godets sont non-étincelants (polymère ou fer doux…)<br>Les paliers sont situés à l'extérieur |
| | ④<br>Emission de Poussières | Hauteur de chute des produits,<br>Bourrage | Création d'une ATmosphère Explosible (interne) | Les jetées des élévateurs sont capotées. Elles sont étanches et/ou munies de dispositifs d'aspiration. La marche des élévateurs est asservie à la marche du système d'aspiration. Faible débit… |
| | Explosion | Conjonction du point ④ avec l'un des 3 premiers | Déchirures : jambes et/ou tête/pieds | Conséquence prévisible acceptable en fonction de l'environnement de l'équipement.<br>Ou mise en place d'un évent.<br>Préférer le transport pneumatique pour les farines étuvées et le gluten. |

**Filtre sous caisson :**

Dans un moulin il y a des filtres à farine et des filtres à poussière. Dans tous les cas, les filtres sous caisson sont recommandés.

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Filtres s/caisson** | ①<br>Décharge d'électricité statique | Manche en matériau non-conducteur | Source d'ignition faible | Les manches sont conductrices afin de limiter l'accumulation de charges électrostatiques. Les équipements sont mis à la terre. |
| | ②<br>Inflammation de manches | Transfert de flammes et/ou source d'ignition forte par conduit d'aspiration | Feux | Capteur de température à l'entrée du filtre, avec arrêt du ventilateur asservi au capteur. |
| | ③<br>Concentration de la densité de poussières<br>Emission de poussière | Dysfonctionnement en amont<br>Problème de décolmatage<br>Décrochage de manche | Création d'une ATmosphère EXplosible | Un programme de maintenance préventive et de surveillance des équipements de production est en place (organisationnel ou automatique).<br>Nettoyage du système de dégommage et de la partie propre du filtre 1 fois par an minimum.<br>Présence d'un moyen de contrôle de la pression (manomètre, magnehelic,…)<br>L'évacuation à l'extérieur est préconisée.<br>Le ventilateur doit toujours être placé derrière le filtre. |
| | Explosion | Conjonction du point ③ (ATEX à l'intérieur du filtre) avec l'un des 2 premiers | Ouverture par déchirure du caisson | Présence d'un niveau haut sur le cône d'évacuation des poussières (sonde rotative)<br>Event sur le filtre avec rejet à l'extérieur (filtre en façade) et détecteur d'ouverture. En cas d'impossibilité, tenir compte de l'environnement du filtre (analyse de risques spécifiques) |

**Appareils à cylindres :**

Présence de poussières en forte concentration à l'intérieur des appareils à cylindre. Pas de cas d'explosion dans un appareil à cylindre recensé à ce jour.

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Appareils à cylindres** (broyeurs, claqueurs, convertis-seurs) | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Mise à la terre des bâtis |
| | ②<br>Echauffement mécanique,<br>Usure non maîtrisée,<br>Frottement mécaniques | Absence de programme de maintenance et de suivi des équipements. | Echauffement mécanique | Contrôle auditif.<br>Un programme de maintenance préventive sur le matériel est en place.<br>Le personnel de maintenance est formé aux matériels. |
| | ③<br>Bris / rupture de pièce | Absence de programme de maintenance et de suivi des équipements | Production d'étincelles | Respect des côtes d'usure des cylindres et des notices des matériels.<br>Privilégier les pièces d'origine.<br>Renforcer la vigilance sur les pièces qui ne sont pas d'origine.<br>Formation du personnel de maintenance. |
| | ④<br>Surcharge de puissance | Absence de contrôle de puissance<br>Bourrage | Echauffement électrique | Adapter la puissance à la fonction de la machine.<br>Les moteurs sont protégés par des disjoncteurs / fusibles qui agissent automatiquement en cas de surintensité.<br>Les appareils à cylindres sont équipés d'ampèremètres et de système de débrayage automatique. |
| | ⑤<br>Défaut/perte de rendement de l'aspiration | Arrêt ou colmatage du système d'aspiration.<br>Bourrage. | Création d'une ATEX | Contrôle des débits et réglage des alimentations des appareils à cylindres.<br>Maintenance du filtre.<br>Capteurs de bourrage ou de niveau dans la trémie de reprise. |
| | Explosion | Conjonction du point ⑤ avec l'un des 4 premiers | | Petits volumes.<br>Panneaux d'ouverture légers qui font office d'évent. |

Les appareils tels que les brosses à sons, les détacheurs ou les désinsectiseurs peuvent être analysés de façon comparable aux appareils à cylindres.

**Plansichters :**

Il existe différentes tailles de plansichters.

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| Plansich-ters | ①<br>Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Mise à la terre des bâtis |
| | ②<br>Electricité | Matériel électrique inadapté ou hors norme<br>Défaillance des liaisons | Source d'ignition | Les installations sont réduites au stricte nécessaire,<br>Elles répondent à la réglementation ATEX<br>Elles font l'objet d'une vérification annuelle par un organisme agréé |
| | ③<br>Bris / rupture de pièce | Rupture de rotin<br>Fatigue d'assemblage<br>Rupture, décrochement des manches amonts ou avales | Source d'ignition<br>Création d'une ATEX environnante | Plan de maintenance<br>Câbles de suspension de sécurité<br>Contrôleur de rotation<br>Capteurs de fuite sous le plansichter<br>Assurer la connexion des manches montées solidement avec un serre-flex. |
| | Explosion | Conjonction du point ③ avec une source d'ignition | Fonction de l'environnement du matériel | |

**Brosses / Epierreur / Nettoyeur séparateur :**

| Types d'appareils | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| Matériel de nettoyage (Brosse, Epierreur, nettoyeur séparateur, mouilleur, bascule,…) | ① Décharge d'électricité statique | Absence de mise à la terre | Source d'ignition faible | Mettre à la terre les équipements, appareils et masses métalliques |
| | ② Absence de graissage, Echauff[ement] mécanique, Usure non maîtrisée, Frott[ements] mécaniques | Absence de programme de maintenance et de suivi des équipements | Echauffement structurel | Les organes mécaniques mobiles sont protégés contre la pénétration des poussières et convenablement lubrifiés.<br>Ils sont disposés à l'extérieur des installations qu'ils entraînent et sont périodiquement contrôlés.<br>Un programme de maintenance préventive est en place. |
| | ③ Bris / rupture de pièce | Absence de programme de maintenance | Production d'étincelles | Un programme de maintenance préventive sur les équipements est en place.<br>Les opérateurs de fabrication suivent en permanence le matériel.<br>Des magnétiques sont en place avant les épierreurs et les brosses. |
| | ⑤ Défaut/perte de rendement de l'aspiration | Arrêt ou colmatage du système d'aspiration | Création d'une ATmosphère EXplosible | Asservir la marche des équipements à la marche des ventilateurs de dépoussiérage.<br>Mettre en place une maintenance systématique des équipements (Nettoyage des manches, système d'aspiration…) |
| | ④ Surcharge de puissance | Absence de contrôle de puissance<br>Bourrage | Echauffement électrique (moteurs, etc.…) | L'ensemble des installations est protégé par des Contacteurs / Disjoncteurs / Fusibles. Ils agissent automatiquement en cas de surintensité.<br>Thermographie infrarouge et contrôle annuel par un organisme compétent. |
| | Explosion | Conjonction du point ⑤ avec l'un des 4 premiers | Déchirures de l'enveloppe du matériel | Nombreuses ouvertures et panneaux d'accès offrant une faible résistance. |

**Cellules à farine :**

| Fonction / Appellation | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Cellules à farine** | ①<br>Décharge d'électricité statique | Défaut de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements, appareils et masses métalliques sont mis à la terre.<br>Les polyesters armés sont très sensibles aux décharges d'électricité statique |
| | ②Flamme vive | Intervention extérieure (maintenance, entreprise, etc….) | Incendie et/ou explosion | Consignes d'interdiction de fumer<br>Permis de feu / permis d'intervention<br>Plan de prévention pour les entreprises extérieures<br>Utilisation de baladeuses ATEX |
| | ③<br>Auto-échauffement de la farine | Farine étuvée stockée chaude | Auto-Inflammation,<br>Dégagement de gaz combustible | Thermométrie si farine stockée chaude (T℃ > 70 ℃ ),<br>Diamètre des cellules de stockage inférieur à la taille critique (12 m)<br>Temps de stockage réduit |
| | ④<br>Emission de Poussières (uniquement en phase de remplissage) | Hauteur de chute des produits | Création d'une ATEX (environnante) | Les trappes des cellules sont étanches<br>La cellule est en aspiration au cours de son chargement par l'intermédiaire des moyens de manutention |
| | Explosion | Conjonction du point ④ avec l'un des 3 premiers | Désordre graves, destruction partielle | Eviter les interconnexions entre les cellules (découplage, « clapets »)<br>Mise en place d'évents d'explosion si l'analyse de risques le justifie, en tenant compte de son environnement (Galerie haute, toiture évent able,…) |

Les installations électriques sont inexistantes dans les cellules à farine.

**Cellules à blé :**

| Fonction / Appellation | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Cellules à blé (silos, trémies, as de carreaux)** | ① Décharge d'électricité statique | Défaut de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements, appareils et masses métalliques sont mis à la terre. Un rapport annuel est effectué par un organisme compétent. |
| | ③ Flamme vive | Intervention extérieure (maintenance, entreprise, etc….) | Incendie et/ou explosion | Consignes d'interdiction de fumer<br>Permis de feu / permis d'intervention<br>Plan de prévention pour les entreprises extérieures<br>Utilisation de baladeuses ATEX |
| | ④ Auto-échauffement du blé (uniquement en phase de stockage) | Forte humidité (> à 15 %) du blé ou perte d'étanchéité du silo entraînant une fermentation. | Auto-Inflammation,<br>Dégagement de gaz combustible | Silo étanche.<br>Diamètre des silos inférieur à la taille critique.<br>Réception des blés inférieurs à 15 % d'H2O,<br>Transilage régulier,<br>Temps de stockage réduit |
| | ⑤ Emission de Poussières (uniquement en phase de remplissage) | Hauteur de chute des produits | Création d'une ATEX (environnante) | Les trappes des cellules et trémies sont étanches<br>La cellule est en aspiration au cours de son chargement par l'intermédiaire des moyens de manutention |
| | Explosion | Conjonction du 5ème point avec l'un des 4 premiers | Désordres graves, destruction partielle | Eviter les interconnexions entre les cellules (découplage, « clapets »)<br>Mise en place d'évents d'explosion si l'analyse de risques le justifie, en tenant compte de son environnement (Galerie haute, toiture éventable,…) |

Les installations électriques sont inexistantes dans les cellules à blé.

**Galerie haute des cellules :**

| Fonction / Appellation | Déviation(s) Dangereuse(s)… | Causes possibles | Conséquences prévisibles | Exemples de barrières de sécurité |
|---|---|---|---|---|
| **Galerie haute des cellules** | ①<br>Décharge d'électricité statique | Défaut de mise à la terre | Source d'ignition faible | Les équipements, appareils et masses métalliques sont mis à la terre. |
| | ③<br>Flamme vive | Intervention extérieure (maintenance, entreprise, etc….) | Incendie et/ou explosion | Consignes d'interdiction de fumer<br>Permis de feu / permis d'intervention<br>Plan de prévention pour les entreprises extérieures |
| | ④<br>Emission de Poussières (uniquement en phase de remplissage) | Absence de nettoyage | Création d'une ATEX (environnante) | Les galeries hautes de cellules sont régulièrement nettoyées. |
| | Explosion | Conjonction du 4ème point avec l'un des 3 premiers | Désordre graves, destruction partielle | Le toit peut faire office d'évent d'explosion vers l'extérieur.<br>Un cloisonnement permet d'éviter la propagation d'une explosion vers les cellules. |

En cas de présence d'installations électriques dans la galerie haute des cellules, il faut prendre en compte la source d'ignition qu'elles peuvent représenter.

| Etape du process | Risque identifié | Facteurs aggravants | Facteurs améliorants | Exemples de bonnes pratiques de prévention |
|---|---|---|---|---|
| Réception des blés | Explosion de poussières | Taux d'impuretés élevé | Blé propre | Nettoyage, aspiration des poussières |
| Stockage silos blés | Auto-échauffement | T°C et humidi té élevées<br>Cellules de grand diamètre<br>Stockage longue durée | Blé froid et sec<br>Petites cellules<br>Durée de stockage courte | Surveillance, ventilation, transilage |
| Mouture | Incendie | Echauffement mécanique, rupture | Humidité des produits, concentration > LSE dans les transports pneumatiques (hors phase de démarrage et d'arrêt),<br>Concentration < LIE dans la partie air propre des filtres | Surveillance, système d'alarme ou de débrayage sur les appareils en cas d'arrêt du flux de produit, entretien du matériel |
| Stockage silos farines et issues | Explosion de poussières | | | Utilisation d'un transporteur mécanique moins générateur de mouvement de poussière<br>Dans le cas d'un transporteur pneumatique, dispositif de séparation air-produit et aspiration supérieure au volume d'air apporté par le transporteur<br>Stocker les issues en Pellets au fur et à mesure<br>Surveiller le broyage des sons |
| Etuvage | Auto-échauffement<br>Incendie | Humidité de la farine < 10%<br>Température élevée | | Maîtrise des températures, contrôle du flux de farine, refroidissement des farines étuvées |
| Mélange | Explosion de poussières | | | Etanchéité de l'appareil, mise en dépression des produits en mouvement |

ANNEXE 6 – Exemple de liste non exhaustive de contrôles à effectuer en marche normale par un opérateur d'exploitation

ANNEXE 6 – Exemple de liste non exhaustive de contrôles à effectuer en marche normale par un opérateur d'exploitation

Cette liste peut servir de base pour établir la liste détaillée des contrôles à effectuer en marche normale, exigée par l'application de l'arrêté ministériel concernant les installations classées soumises à autorisation au titre de la rubrique 2260

| Points à contrôler | | Périodicité | Enregistrement | Procédure | Obligation Réglementaire |
|---|---|---|---|---|---|
| **Commun à l'installation** | | | | | |
| Nettoyage : Des locaux occupés par du personnel, des aires de chargement et déchargement | | Fixé sous la responsabilité de l'exploitant | Dans un registre | Procédure de nettoyage | Article 15 |
| Etanchéité des circuits de manutention et de transformation (transporteurs, broyeurs, plansichters,…) | | | | | |
| Fuite d'air comprimé | | | | | |
| Installations de protection contre les incendies | | A définir selon les besoins | | | |
| Respect de la réglementation ATEX | | Annuel | Suivi formalisé de la prise en compte des mesures correctives | | Article 11 |
| Installations électriques (mises à la terre,…) | | Annuel | | | |
| Points chauds des installations électriques par thermographie infrarouge | | | | | |
| Humidité des matières premières à la réception | | Selon le plan de contrôle | | | |
| **Dispositif de transport des produits** | | | | | |
| Elévateurs | Température des paliers | | | | |
| | Graissage des paliers | | | | |
| | Contrôle de rotation | | | | |
| | Déport de bande | | | | |
| | Tension de sangle | | | | |
| | Centrage de l'alimentation de l'élévateur | | | | |
| | Tenue et état de la sangle et de la jonction | | | | |
| | Etat des godets et de leur fixation | | | | |
| | Logement des paliers | | | | |
| | Niveau d'huile du réducteur | | | | |
| | Etat d'encrassement (dépôt,…) | | | | |
| | Fonctionnement du dispositif d'aspiration et de son asservissement | | | | |
| Transporteurs à bande | Température des paliers | | | | |
| | Déport de sangle | | | | |
| | Contrôle de rotation | | | | |
| | Graissage des paliers | | | | |

ANNEXE 6 – Exemple de liste non exhaustive de contrôles à effectuer en marche normale par un opérateur d'exploitation

| Points à contrôler | | Périodicité | Enregistrement | Procédure | Obligation Réglementaire |
|---|---|---|---|---|---|
| Transporteurs à chaîne | Graissage des paliers | | | | |
| | Dispositif de tension | | | | |
| | Etat des racloirs | | | | |
| | Dispositif de détection de bourrage (si existant) | | | | |
| Vis | Courroies de transmission | | | | |
| | Contrôle de rotation (si existant) | | | | |
| Transport pneumatique | Contrôle de l'aspiration | | | | |
| **Nettoyage des blés** | | | | | |
| Température des paliers | | | | | |
| Graissage des paliers | | | | | |
| Courroies de transmission | | | | | |
| Vidange épierreur | | | | | |
| Magnétiques | | | | | |
| Débit d'air entrée épierreur | | | | | |
| Fonctionnement de l'aspiration et de son asservissement | | | | | |
| Vérification des organes sensibles | | | | | |
| **Mouture** | | | | | |
| Température des paliers | | | | | |
| Graissage des paliers | | | | | |
| Vibration du broyeur | | | | | |
| Usure des cylindres | | | | | |
| Courroies de transmission | | | | | |
| Fonctionnement de l'aspiration et de son asservissement | | | | | |
| Sonde de niveau et système d'alerte | | | | | |
| **Plansichters** | | | | | |
| Contrôleur de rotation | | | | | |
| Capteurs de fuites | | | | | |
| Connexion des manches | | | | | |
| **Filtres** | | | | | |
| Encrassement des manches de filtres | | | | | |
| Système de dégommage | | | | | |
| Partie propre du filtre | | | | | |
| Contrôle de différentiel de pression (magnehelic) | | | | | |

# PERMIS DE FEU
# (autorisation de travaux avec points chauds)

**REMARQUE IMPORTANTE**
La délivrance de ce document sous-entend que le signataire (chef d'établissement ou son représentant qualifié) s'est informé au préalable de la configuration des locaux concernés et situés à proximité, des produits qui y sont utilisés ou entreposés et des activités effectuées (risques spéciaux).

## TRAVAIL A EXECUTER :

Date de début de travaux : _____
Durée maximale : _____
Désignation des travaux : _____
_____

☐ Soudage ☐ Chalumeau
☐ Découpage ☐ Meulage
☐ Autres_____
☐ Pas de point de feu

**Risques particuliers :** ☐ Incendie_____
☐ Explosion de poussières_____
☐ Autres _____
_____

| MISE EN SÉCURITÉ | MOYENS DE PROTECTION |
|---|---|
| ☐ Arrêt de l'installation | ☐ Contrôle d'atmosphère |
| ☐ Protection ou évacuation des produits et poussières inflammables autour du lieu de travail | ☐ Écrans, bâches, protection de voisinage |
| ☐ Délimitation et signalisation de la zone dangereuse | ☐ Ventilation forcée |
| ☐ Consignation (fermeture de toutes les ouvertures possibles) - séparation des sources d'énergie | ☐ Extincteurs à proximité |
| ☐ Vidange | ☐ Surveillant de sécurité |
| ☐ Nettoyage - dégazage | ☐ Moyens d'alerte (téléphone) |
| ☐ Isolation totale de tuyauterie | ☐ |
| ☐ Démontage de tuyauterie | ☐ |
| ☐ | ☐ |

| Services concernés | Nom | Signature |
|---|---|---|
| Demandeur | | |
| Sécurité | | |
| Entretien | | |
| Exécutant (ou chef d'équipe d'entretien extérieure) | | |
| | | |

## ALERTE EN CAS D'INCENDIE OU D'ACCIDENT

Téléphonez au _____
Précisez le lieu et la nature du sinistre et ne raccrochez pas en premier.
Prévoyez une personne pour diriger les secours.

**PERMIS DE FEU délivré le Signature du chef d'établissement (ou de son représentant qualifié)**

_____

**VÉRIFICATION FINALE :** (une ronde sera effectuée 2 heures après la fin des travaux)
Faite le : _____ à _____h

Signature :

66, rue La Boétie
75008 PARIS
Tel : 01.43.59.45.80
e-mail : anmf@anmf.glaboetie.org
www.meuneriefrancaise.com